

**Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC**  
**Centro Tecnológico**  
**Departamento de Informática e Estatística**  
**Pós-Graduação em Ciência da Computação**

**“Uma Proposta de Comunicação para Uso de Organizações que Atuem em Áreas  
Inóspitas da Região Amazônica.”**

Dissertação submetida como requisito parcial  
Para obtenção do grau de  
Mestre em Ciência da Computação

Por

*Rosa Maria Garcia Maranhão*

*Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves*

**Orientador**

*Profa. Elizabeth S. Specialski*

**Co – Orientadora**

Florianópolis, Dez de 1999

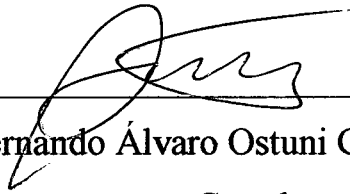
**“Uma Proposta de Comunicação para Uso de Organizações que Atuem em  
Áreas Inóspitas da Região Amazônica.”**

Rosa Maria Garcia Maranhão

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

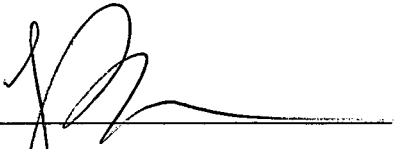
Mestre em Ciência da Computação

Especialidade em Redes de Computadores e aprovada em sua forma final pelo  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

  
Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.

Coordenador do Curso


Banca Examinadora:

  
Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.

Orientador

  
Profa. Elizabeth S. Specialski, M. Sc.

Co-Orientadora

  
Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.

  
Prof. João Artur de Souza, Dr.

*“Dedico este trabalho à minha mãe, Rosalina, às minhas irmãs,  
Rosa de Fátima e Rosilene, e ao meu esposo, Flach, pelo amor e paciência que não  
cansam de me demonstrar.”*

## AGRADECIMENTOS

Esta obra é dedicada a todos que dividem comigo esta conquista.

Agradeço, primeiramente a *Deus*, Amigo incansável e Pai protetor que, nos momentos difíceis, me carregou no colo para que jamais machucasse meus pés nas pedras e que hoje, com certeza, está feliz com o resultado alcançado.

Ao Amigo e Prof. Dr. *João Bosco da Mota Alves* que, com grande dedicação e apreço, conduziu-me na elaboração desta obra, tornando-a real e possível.

À Mestre exemplar, *Elizabeth*, que com seus ensinamentos transmitiu-me perseverança e garra na busca incessante pelo conhecimento. Obrigada! São exemplos como os estes que precisam estar vivos, enaltecendo a educação de Norte a Sul do país.

À *Polícia Militar do Pará*, na pessoa do Exmo. Sr. Comandante Geral, pela confiança em mim depositada e aos meus companheiros do Centro de Informática e Telecomunicações da Polícia Militar do Pará – *CITEL*, pela colaboração no fornecimento de dados importantes à conclusão deste trabalho.

Ao Eng<sup>o</sup> Eletrônico *Francisco Otávio dos Santos* e à Técnica em Eletrônica *Rosilene de Sousa G. Maranhão*, ambos da *Rede - Celpa*, pela contribuição acadêmica e técnica prestada a este trabalho.

À minha mãe, *Rosalina*, e irmãs, *Rosa de Fátima e Rosilene*, pelo amor e compreensão que me fortalecem e solidificam minha caminhada.

E a *Luís Roberto Flach*, meu esposo, amigo e companheiro que dividiu comigo não só as alegrias, mas, principalmente, as angústias e o cansaço das noites mal dormidas, sempre com Amor, paciência e palavras de incentivo que me fortaleceram e me deram a certeza de que vale à pena lutar por um ideal.

# ÍNDICE

	<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	vii
	<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	ix
	<b>RESUMO.....</b>	xi
	<b>ABSTRACT.....</b>	xii
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>2</b>	<b>NOTAS HISTÓRICAS.....</b>	4
2.1	O Processo de Comunicação.....	8
2.2	Fonte de informação.....	10
2.2.1	A Fala.....	10
2.2.2	A Televisão.....	11
2.2.3	O Fac Simile.....	11
2.2.4	Os Computadores.....	12
2.3	Sinal de Banda Base e Banda Passante.....	13
2.4	Modulação.....	14
2.4.1	Classificação da Modulação.....	15
2.4.1.1	Modulação em Onda Contínua.....	15
2.4.1.2	Modulação em Sistemas Pulsados.....	18
2.5	Multiplexação.....	20
2.5.1	Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM).....	21
2.5.2	Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM).....	22
2.5.2.1	TDM Síncrono.....	23
2.5.2.2	TDM Assíncrono.....	24
2.5.3	TDM & FDM.....	24
2.6	Redes de Comunicação.....	25
2.6.1	Redes de Comunicação de Dados e Voz.....	26
<b>3</b>	<b>MEIOS DE TRANSMISSÃO.....</b>	31
3.1	Meios Físicos.....	31
3.1.1	Par Trançado.....	31
3.1.2	Cabo Coaxial.....	33
3.1.3	Fibra Óptica.....	33
3.1.4	WIRELESS – Redes Sem Fio.....	35

3.2	Sistema de Comunicação Via Rádio.....	36
3.2.1	Teoria Eletromagnética.....	36
3.2.2	Antenas.....	38
3.2.2.1	Características das Antenas.....	39
3.2.2.2	Tipos de Antenas.....	43
3.2.3	Propagação de Ondas.....	48
3.3	A Comunicação Via Rádio.....	52
3.3.1	Fatores Básicos de Propagação.....	53
3.3.2	Comparação com Outros Meios.....	57
3.3.3	Confiabilidade e Manutenção.....	59
3.3.4	Custos Típicos.....	60
3.3.5	Seleção de Locais e Trajetos.....	61
3.4	Comunicação Avançada.....	61
3.4.1	Fibras Ópticas.....	61
3.4.2	Rádio Móvel.....	64
3.4.3	Satélites.....	65
<b>4</b>	<b>A ELETRONORTE.....</b>	<b>68</b>
4.1	Um Passeio pelo Complexo.....	68
4.2	Sistemas Elétricos.....	68
4.2.1	O Sistema Norte-Nordeste.....	69
4.3	O Sistema <i>Carrier</i> da Eletronorte.....	70
<b>5</b>	<b>REDE CELPA.....</b>	<b>72</b>
5.1	O Sistema de Comunicação “Rede-Celpa”.....	73
5.1.1	A Comunicação na Grande Belém.....	73
5.1.1.1	Subestações Supervisionadas.....	73
5.1.1.2	Subestações Não-Supervisionadas.....	74
5.1.2	A Regional “Baracarena”.....	75
<b>6</b>	<b>PROPOSTA DE COMUNICAÇÃO PARA USO DA PMPA.....</b>	<b>77</b>
6.1	Proposta de um Modelo de Solução.....	77
6.2	A História da Fibra Óptica.....	79
6.2.1	Introdução.....	79
6.2.2	A Fibra Óptica no Brasil.....	81
6.2.3	Regulamentação.....	82

6.2.4	O Mercado de Fibra Óptica.....	83
6.3	Planejamento em Comunicação de Dados e Voz.....	83
6.4	Planejamento Técnico.....	85
6.4.1	Levantamento de Dados.....	85
6.4.2	A Primeira Etapa do Projeto (Proj-01).....	87
6.4.3	Diagrama Básico da Rede.....	90
6.5	Planejamento Gerencial.....	90
7	<b>CONCLUSÃO.....</b>	84
8	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	85

**LISTA DE ABREVIATURAS**

AM	Amplitude Modulation
AM-DSB	Amplitude Modulation – Double Side Band
AM-DSB/SC	Amplitude Modulation – Double Side Band/ Supressed Carrier
AM SSB	Amplitude Modulation – Single Side Band
AM VSB	Amplitude Modulation – Vestigial Side Band
ARPANET	Advanced Research Project Network
ASCII	American Standard Code for Informationm Interchange
ASK	Amplitude Shift Keying
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CITEL	Centro de Informática e Telecomunicações
CW	Continuous Wave
FDM	Frequency Division Multiplex
FM	Frequency Modulation
FSK	Frequency Shift Keying
HF	High Frequency
ISO	International Organization for Standardization
LAN	Local Area Network
LF	Low Frequency
LT	Linha de Transmissão
MODEM	Modulation/Demodulation
MUX	Multiplex
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PCM	Pulse Code Modulation
PM	Phase Modulation
PPM	Pulse Position Modulation
PWM	Pulse Width Modulation
REN PAC	Rede Nacional de Pacotes
Rin	Rede Internacional
Riu	Rede Interurbana
STP	Shielded Twisted Pair
TDM	Time Division Multiplex



<b>UHF</b>	<b>Ultra High Frequency</b>
<b>UTP</b>	<b>Unshielded Twisted Pair</b>
<b>VHF</b>	<b>Very High Frequency</b>
<b>WAN</b>	<b>Wide Area Network</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 01</b>	Sistema de Comunicação.....	09
<b>Fig. 02</b>	Representação do Bit de Dados.....	12
<b>Fig. 03</b>	Multiplexação na Frequência.....	21
<b>Fig. 04</b>	Canal de Voz.....	22
<b>Fig. 05</b>	Multiplexador.....	22
<b>Fig. 06</b>	Multiplexação no Tempo.....	23
<b>Fig. 07</b>	Rede de Computador.....	25
<b>Fig. 08</b>	Rede de Comunicação de Dados e Voz.....	27
<b>Fig. 09</b>	Linha Ponto a Ponto Utilizando uma Rede Urbana.....	28
<b>Fig. 10</b>	Linha Ponto a Ponto Utilizando uma Rede Interurbana.....	29
<b>Fig. 11</b>	Linha Ponto a Ponto Utilizando uma Rede Internacional.....	29
<b>Fig. 12</b>	Linha Multiponto.....	30
<b>Fig. 13</b>	Linha Discada.....	30
<b>Fig. 14</b>	Aparência Física de uma Antena Básica.....	42
<b>Fig. 15</b>	Diagrama de Irradiação de uma Antena Isotrópica.....	43
<b>Fig. 16</b>	Diagrama de Irradiação do Dipolo curto no Espaço.....	43
<b>Fig. 17</b>	Ângulo de Abertura ou Largura de Feixe.....	43
<b>Fig. 18</b>	Dipolo Curto.....	46
<b>Fig. 19</b>	Diagrama de Irradiação Horizontal do Dipolo de Meia Onda.....	47
<b>Fig. 20</b>	Diagrama do Dipolo de $3\lambda/2$ .....	48
<b>Fig. 21</b>	a) Antena em “V”.....	48
	b) Diagrama de Irradiação Horizontal.....	48
<b>Fig. 22</b>	Dipolo Dobrado.....	49
<b>Fig. 23</b>	Antena Yagi-Uda.....	49
<b>Fig. 24</b>	a) Associação Lado a Lado.....	50
	b) Associação Empilhadas.....	50
<b>Fig. 25</b>	Antena Marconi.....	50
<b>Fig. 26</b>	Antena Helicoidal.....	51
<b>Fig. 27</b>	Ganho de uma Antena Diretiva.....	57
<b>Fig. 28</b>	Sistema Baseado em Fibra Óptica.....	65
<b>Fig. 29</b>	Sistemas Elétricos da Eletronorte.....	72

<b>Fig. 30</b>	<b>A Rede Celpa – Organização.....</b>	<b>75</b>
<b>Fig. 31</b>	<b>A Comunicação na Rede Celpa.....</b>	<b>77</b>
<b>Fig. 32</b>	<b>Esquema de Planejamento Técnico.....</b>	<b>84</b>
<b>Fig. 33</b>	<b>Planejamento Gerencial.....</b>	<b>85</b>
<b>Fig. 34</b>	<b>Diagrama Básico da Rede.....</b>	<b>90</b>

## **RESUMO**

A Polícia Militar do Pará, Instituição de Segurança Pública, atravessa uma fase crítica que impossibilita o seu desenvolvimento e acompanhamento da crescente evolução da sociedade. Isto se deve, principalmente, à falta de uma Rede de Comunicação especializada, que torne possível a presença ativa da Corporação, para que a mesma possa tomar decisões imediatas quando da ocorrência de um delito e/ou suas manifestações.

Este Trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta viável para implantação, a médio prazo, de uma Rede de Comunicação de Dados e Voz que possa atender com segurança, rapidez e qualidade as 06 (seis) Mesoregiões e 02 (duas) Microregiões – 142 (cento e quarenta e dois) Municípios - do Estado do Pará, onde a Polícia Militar é presença definida, independentemente das distâncias, relevo e condições climáticas que tornam o referido Estado um objeto de estudo diferenciado dos demais.

## **ABSTRACT**

The Militar Force of Pará State, Public Security's Institution is passing over a critical and serious phase that is making impossible its development and attendance of the society's evolution. This is because there is not any specialized Communication Network that makes possible the active presence of the Corporation at the correct local, at the right hour when a crime is occuring, enabling it to take a immediate decision.

This work presents a possible proposal to a Voice and Data Communication Network's Implementation that will be able to attend one hundred forty-four Pará's Municipal Districts with security and quickness.

# 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que coletar informações sobre o Pará é uma tarefa árdua, tendo em vista ser o mesmo um Estado de grandes dimensões e lugares de difícil acesso, tornando a “comunicação” um objeto de estudo bastante interessante, principalmente no que diz respeito às instituições que, como a Polícia Militar, precisam estar presentes nos quatros cantos do Estado, levando e colhendo informações, de forma simultânea e eficaz, independentemente de distâncias, condições climáticas, relevo e do próprio tempo. Imaginemos o que é levar informação, com segurança e qualidade, a seis mesoregiões e vinte e duas microregiões, totalizando cento e quarenta e dois Municípios.

O Estado do Pará, com mais de um milhão de quilômetros quadrados, é um Estado com imensas dimensões a percorrer. Devido a sua Bacia Hidrográfica, a maior do mundo, a vocação natural é o deslocamento pelos rios e outros cursos d’água. Para se ter uma idéia, dos 52.000 Km de rios navegáveis que o Brasil possui, 35.000 estão na Amazônia e, grande parte deles, no Pará. No entanto, ao longo dos últimos anos, além do transporte fluvial que opera de forma desordenada, os Municípios vêm se integrando através de estradas e aeroportos. Só no âmbito estadual são 98 rodovias, totalizando 7.803 Km de malhas rodoviárias, dos quais somente 2.556,8 Km são pavimentados.

O relevo do Estado apresenta-se como uma estreita área de planície, com altitude de até 100 metros, apenas ao longo do Baixo Amazonas, constituída de sedimentos recentes resultantes da deposição de aluviões transportados pelos rios.

O desenvolvimento de um trabalho evolutivo nesta Região, tem esbarrado principalmente na vontade política das instituições governamentais, que insistem em permanecer na era onde uma mensagem confiável era aquela enviada por “mensageiro”, quando sabemos que neste meio as perdas podem vir a ser irreparáveis.

A Polícia Militar do Pará, criada em 1820, só deu início à implantação de um serviço de comunicação de dados em 1989, quando foi criado o *Centro de Informática e Telecomunicações – CITEL* que, utilizando como meio de transmissão a *Rede Nacional de Pacotes – RENPAC*, deveria estabelecer uma forma rápida e segura de comunicação com todas as Unidades Policiais sediadas na Capital e no Interior, pois até então, todo e qualquer

tipo de transmissão de dados só era possível através de mensageiros, podendo levar até sete dias para chegar ao seu destino final. O *RENPAAC* chegava como a salvação de uma instituição que começava a ficar parada no tempo, surpreendida pelo crescimento diário da tecnologia de ponta. Mas a felicidade durou pouco. Apesar da Rede Nacional de Pacotes ter obtido um crescimento, de 1984 a 1989, de 301,16% e ter sido implantada com sucesso na Corporação, utilizando equipamentos modernos e de última geração, não foi possível mantê-la por muito tempo em funcionamento, pois devido a constantes transferências de pessoal, o treinamento foi se perdendo, até chegar ao ponto da Rede parar por falta de pessoal capacitado para operá-la. As perdas foram inestimáveis, devido à falta de planejamento e gerenciamento qualificado da Rede.

Hoje, às portas de um novo século, esta secular instituição só conhece o “telefone”, o “mensageiro” e um precário Sistema de Rádio, de baixo alcance, como meio de transmissão de dados e voz. O *RENPAAC* já não traria tantos benefícios, pois as dificuldades cresceram e os problemas aumentaram. É cada vez maior o número de Unidades Policiais espalhadas por lugares onde o acesso só é possível através dos rios e igarapés, onde o sinal de televisão convencional não pode ser recebido... onde se vive isolado do resto do mundo. Talvez se estivéssemos falando de qualquer outra instituição o problema não fosse tão grave, mas quando se trata de uma instituição que trabalha com Segurança Pública, estes dados se tornam alarmantes e sedentos por uma solução concreta.

Partindo deste grande desafio, que é prestar um serviço seguro e eficaz de comunicação de dados e voz a uma Instituição tão grande, a baixo custo, atendendo às necessidades de cada uma das Unidades espalhadas pelo Estado do Pará, e tendo em vista que a infra-estrutura necessária para a prestação deste serviço é cada vez mais complexa e diversificada, é que se pensou em propor o uso de uma Rede de Comunicação de Dados e Voz que pudesse ser utilizado internamente por Organizações que, como a Polícia Militar do Pará, atuem em áreas inóspitas, como as existentes no Estado do Pará, levando-se em consideração a necessidade urgente de integrar “Polícia x Sociedade”, através da Comunicação, contribuindo, destarte, para o avanço tecnológico da mesma, em seu âmbito interno e externo.

As soluções apontadas para o referido problema pareciam ser inúmeras se desconsiderássemos o fator “*custo x benefício com qualidade*”, partindo-se da premissa de que o mais importante é se ter “*segurança*”. O bom seria se pudéssemos unificar estas

vantagens em uma só, pois só quem já utilizou um simples rádio AM ou um telefone celular conhece claramente os problemas enfrentados nas transmissões, onde qualquer obstáculo aparentemente inofensivo pode causar interferências e até perdas de informações.

No capítulo 2, faremos, primeiramente, uma viagem no tempo para sabermos como tudo começou, desde o Telégrafo de Samuel Morse até a invenção do Laser, em 1959.

Ainda neste capítulo, relembremos conceitos que permitirão o correto discernimento sobre qual o melhor caminho a seguir, dentro do que se propõe a alcançar.

No capítulo 3, examinaremos os Meios de Transmissão existentes, suas características, vantagens e desvantagens quando comparados entre si, bem como a viabilidade do uso de cada um destes no processo de comunicação que ora se almeja implantar. Convém lembrar que, neste momento, de posse desses dados, teremos uma visão mais clara e precisa da situação em foco, sendo possível avaliar as condições reais do Projeto.

No capítulo 4, vamos conhecer um pouco da **ELETRONORTE**, para sabermos como está empresa está atuando em Comunicação, desvendando seus benefícios e colhendo informações importantes ao nosso Sistema.

Logo em seguida, no capítulo 5, vamos conhecer como a “**Rede Celpa**” – *Rede – Centrais Elétricas do Pará* está funcionando, em termos de Comunicação de Dados e Voz, quais os problemas mais comuns enfrentados e as soluções que foram ou estão sendo tomadas, levando-se sempre em consideração o fator “*custo x benefício*”.

De posse dos dados apresentados, conheceremos, no capítulo 6, o Modelo de Solução proposto para atender às necessidades relacionadas anteriormente, especificando como o mesmo será empregado, quais suas vantagens reais e perspectivas futuras, bem como o universo que este abrangerá.

As conclusões e indicações para futuras evoluções do Trabalho serão vistas no capítulo 7.



## 2 NOTAS HISTÓRICAS

Uma abordagem da evolução das Comunicações estaria incompleto sem uma história que a determinasse. Espera-se, com isso, que esta sirva, além de consulta, como motivação para os leitores que ora iniciam seus passos, neste longo e desafiador caminho a ser percorrido.

Tudo começou em 1837, quando Samuel Morse aperfeiçoou o telégrafo, porém somente em 1844 tornou-se possível uma transmissão através do telégrafo elétrico, entre as cidades de Washington, D.C. e Baltimore, em Maryland, criando, com isso, um revolucionário conceito de *“Tempo Real”* e *“Longa Distância”*. O telégrafo foi o precursor da Comunicação Digital e o Código Morse um código ternário, de comprimento variável que usa um alfabeto de quatro símbolos: *um ponto; um hífen; um espaço entre letras; e um espaço entre palavras.*

Em 1864 James Clerk Maxwell formulou a *“Teoria Eletromagnética da Luz”* e prognosticou a existência de *“Ondas de Rádio”* que foi estabelecida experimentalmente por Heinrich Hertz, em 1887.

Anos depois, em 1875, Emilie Baudot desenvolveu um Código Binário de tamanho fixo para telegrafia. Neste código, adaptado para o uso em máquinas telegráficas, cada código de palavras consiste de cinco elementos de código, de tamanho igual, sendo que a cada um deles é atribuído um de dois estados possíveis: uma marca ou um espaço. (i.e.. símbolo 1 ou 0 nos dias atuais).

Neste mesmo ano, o telefone é inventado por Alexander Graham Bell, um professor de surdos. Foi através deste instrumento que se tornou possível a transmissão da voz em tempo real, através de codificações elétricas e replicação do som. A primeira versão do telefone foi imatura e frágil, pois habilitava a conversação entre duas pessoas, desde que estivessem a poucos metros de distância uma da outra. Quando o serviço telefônico tinha alguns anos apenas de criado, foi automatizado.

Em 1894, Oliver Lodge fez uma demonstração da “*Comunicação sem Fio*”, através de uma distância relativamente curta, aproximadamente 137 m.

Em Dezembro de 1901, Guglielmo Marconi recebe um sinal de rádio em Signal Hill - Canadá, o qual teve origem em Cornwall, na Inglaterra.

Em 1904, John Ambrose Fleming inventou o diodo de tubo a vácuo, o qual serviu de alicerce para a invenção do triodo de tubo a vácuo, desenvolvido por Lee de Forest, em 1906. A descoberta do triodo foi de extrema importância para o desenvolvimento do telefone transcontinental, em 1913, assinalando, destarte, o início da comunicação sem fio usando a voz. Até a invenção e aperfeiçoamento do transistor, o triodo se manteve como a invenção suprema para os projetos de amplificadores eletrônicos.

Em 1905, Reginald Fessenden demonstrou o telefone sem fio, através da transmissão de voz e música em um canal de rádio.

Em 1918, Edwin H. Armstrong inventou o receptor de rádio super heterodino e, ainda hoje, quase todos os receptores de rádio são desse tipo. E foi este mesmo cientista que em 1933 demonstrou outro conceito revolucionário, um “Esquema de Modulação”, o qual chamou de “*Modulação em Frequência*” (FM).

Em 1928, Philo T. Farnsworth demonstrou o primeiro sistema de televisão totalmente eletrônico que teve sua continuidade em 1929, através de Vladimir K. Zworykin.

Ainda em 1928, Harry Nyquist publicou um artigo clássico sobre a “Teoria do Sinal de Transmissão na Telegrafia”. Na verdade, Nyquist desenvolveu critérios para a correta recepção do sinal telegráfico transmitido através de canais dispersos, na ausência de ruídos. Grande parte desse trabalho foi empregada mais tarde para a transmissão de dados digitais através de canais dispersos.

Em 1937, Alec Reeves inventou a “Modulação por Código de Pulso” (PCM) que seria usada no código digital do sinal de voz. A técnica foi desenvolvida durante a II Guerra Mundial, com o único objetivo de aumentar os sinais de voz. Vinte e quatro canais de sistema foram usados em campos de batalha, por militares norte americanos, no final da guerra, no

entanto tal modulação teve que aguardar a descoberta do transistor e o desenvolvimento dos circuitos integrados em larga escala para que pudesse ser explorada comercialmente.

Em 1943, D. O North inventou um filtro que podia detectar um sinal conhecido que estivesse adicionado ao ruído. Um resultado parecido foi obtido em 1946 por J. H. Van Vleck e D. Middleton que estabeleceram o termo “filtro casado”.

Em 1947, foi desenvolvida por V. A Kotel'nikov a representação geométrica de sinais, apresentada em uma dissertação de Doutorado ao Conselho Acadêmico do Instituto de Energia Molotov, em Moscow. Este trabalho teve seu prosseguimento e total disseminação em 1965, em um livro texto publicado por John M. Wozeneraft e Irwin M. Jacobs.

Em 1948, os Fundamentos Teóricos da comunicação Digital foram derrubados por Claude Shannon, em um artigo intitulado “*Uma Teoria Matemática da Comunicação*” que foi recebido com entusiasmo pela crítica. Talvez tenha sido essa resposta que levou Shannon a retificar o título do artigo para “*A Teoria Matemática da Comunicação*” quando este foi reimpresso, um ano depois, em um livro, com a co-autoria de Warren Weaver. A Teoria da comunicação foi pega de surpresa quando Shannon provou que não era verdade que se aumentássemos a taxa de transmissão de informação através do canal, poderíamos aumentar a probabilidade de erro, provando que a taxa de transmissão era inferior à capacidade do canal.

Estamos ainda no ano de 1948! O transistor finalmente é inventado nos laboratórios da *Bell Co.* e os autores dessa façanha são Walter H. Brattain, John Barden e William Shockley. A partir daí começa uma nova era. O primeiro circuito integrado de silicone (IC) foi produzido por Robert Noyce em 1958, proporcionando o desenvolvimento dos circuitos integrados em larga escala (VLSI) e dos microcomputadores com chip simples, mudando para sempre a natureza das indústrias de Telecomunicações.

A invenção do transistor estimulou as aplicações de eletrônica voltadas para a comunicação digital, devido à confiança, à capacidade de crescimento e custo reduzido dos mesmos. A primeira ligação telefônica utilizando um sistema interno, ocorreu em Março de 1958, no laboratório da Bell Co. e o primeiro serviço de telefone comercial usando ligação digital começou em Morris, em Junho de 1960. A primeira transmissão do “*Sistema Carrier*” foi instalado em 1962, no mesmo laboratório.

Durante o período de 1943 a 1946, foi construído o primeiro computador eletrônico digital, na Escola de Engenharia Eletrônica da Pensylvania, sob a direção técnica de J. Presper Eckert, Jr. e John W. Mauchly, entretanto foram as contribuições de John Von Newman que serviram de base para a teoria, projeto e aplicação de computadores digitais. Os computadores só começaram a se comunicar entre si, em projetos envolvendo longas distâncias, no início dos anos 50 e usavam em suas conexões os canais telefônicos de voz, operando a baixas velocidades (300 a 1200 bps). Vários fatores têm contribuído para o crescimento da Velocidade de Transmissão de Dados e, ao redor deles, existe a idéia de “*Equalização Adaptativa*”, iniciada por Robert Lercky, em 1965 e das “*Técnicas de Modulação Eficientes*”, cujo precursor foi G. Ungerboeck, em 1982.

Outra grande idéia empregada na comunicação de computadores foi o “*Método ARQ*” – Automatic Repeat Request, que foi originalmente desenvolvido por H. C. Van Durren, durante a II Guerra Mundial e publicado em 1946. Este método foi usado para melhorar a rádio-telefonía para longas distâncias. Contudo, o maior impacto na comunicação de computadores foi alcançado através do “*ARPANET*” – Advanced Research Project Network” (Projeto Avançado de Recursos de Rede), que entrou em funcionamento em 1971, tendo como patrocinador oficial a *Agência de Projetos de Recursos Avançados do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América*.

Em 1955, John R. Pierce propôs o uso de Satélites para comunicação. Tal proposta teve como ponto de referência um artigo de Arthur C. Clark, publicado em 1945, onde este lançava a idéia de usar um satélite na órbita da Terra como um ponto de comunicação entre as estações terrenas.

Em 1957, a então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas lançou o “*SPUTINIK I*” que transmitiu sinais de telemetria durante vinte e um dias. Logo em seguida, em 1958, os Estados Unidos da América lançaram o “*EXPLORER I*” que transmitiu os mesmos sinais de comunicação por cerca de cinco meses.

O maior passo experimental na tecnologia de comunicação via satélite foi dado com o lançamento do “*TELSTAR I*”, no dia 10 de Julho e 1962. Este satélite foi construído nos laboratórios da *Bell Co.* e aproveitou consideravelmente os conhecimentos pioneiros

propostos no trabalho de Pierce. O *TELSTAR* foi capaz de transmitir programas de televisão através do Oceano Atlântico, usando grandes antenas e receptores potentes.

O uso do termo “*Óptico*” para transmissão de informação, data de eras pré-históricas, entretanto nenhuma grande evolução em Comunicação Óptica foi feita antes de 1946, quando K. C. Kao e G. A. Hockham propuseram o uso de uma fibra de vidro como um guia de onda elétrico... era o LASER (Amplificação da Luz por Emissão Simulada de Radiação) sendo inventado no ano de 1959 e posteriormente desenvolvido, em 1960.

Os avanços espetaculares na microeletrônica, computadores digitais e sistemas de ondas luminosas que temos hoje em dia e que continuam em crescente desenvolvimento são os responsáveis direto pela evolução disparada das comunicações, deixando o homem a um passo da conquista definitiva de uma arma tão poderosa e eficiente: “*A Tecnologia*”!

## 2.1 O PROCESSO DE COMUNICAÇÃO

Atualmente, as Comunicações se fazem presentes em nossas vidas de diferentes maneiras, tornando-se muito fáceis de serem conhecidas e utilizadas pelo homem. Um exemplo disso é o telefone ao alcance de nossas mãos; os aparelhos de rádio e televisão que invadem nossas casas; o terminal de computador, facilitando nosso desempenho profissional e no próprio lar. É através das Comunicações que podemos manter contato com embarcações em alto mar, aeronaves em vôo e satélites no espaço. E os automóveis que se comunicam com sua base, a quilômetros de distância, sem que haja um cabo interligando-os?!... É a Comunicação, cada vez mais imponente e aperfeiçoada, facilitando nosso cotidiano e nos tornando senhores do tempo e do espaço.

Basicamente, define-se Comunicação como sendo “*a transmissão de informação de um ponto a outro, abrangendo uma sucessão de processos interligados entre si, geralmente envolvendo a mente humana, em tempo real*”[Neto93]. É claro que nem sempre isto ocorre. Suponhamos, por exemplo, uma comunicação entre dois ou mais computadores e as tomadas de decisão humanas ocorrendo apenas para ligar a máquina e abrir os programas, concluiríamos que a mente humana, neste caso específico, não atuou no processo de comunicação.

Independentemente da forma do processo de comunicação usado, há três elementos básicos em todos os Sistemas de Comunicação:

\_ *Transmissor*;

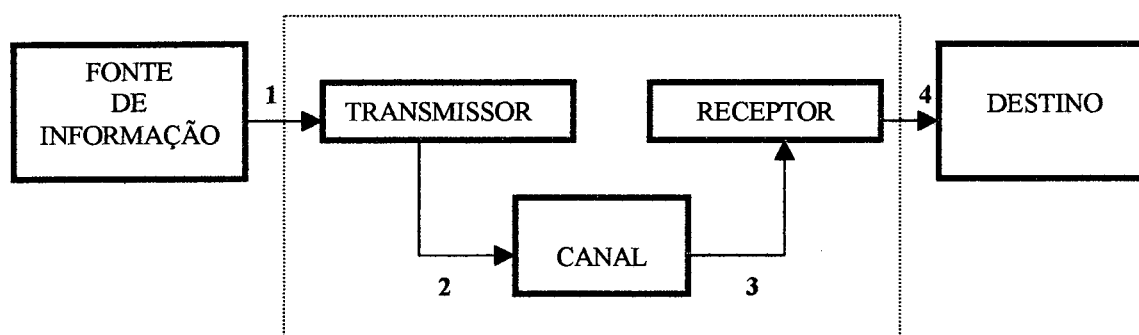
\_ *Canal*; e

\_ *Receptor*.

O Transmissor é colocado em algum ponto do espaço e o Receptor em outro. Ao meio físico que irá conectá-los chamamos de Canal.

O objetivo do Transmissor é transformar o sinal de mensagem produzido pela fonte de informação em uma forma apropriada de transmissão através do Canal de comunicação. É claro que, quando este sinal se propaga ao longo do Canal, sofre interferências, advindas das imperfeições deste. Além disso, não podemos esquecer também as interferências originadas de outras fontes e que são adicionadas à saída do Canal. Ora, desta feita, podemos concluir que “o sinal recebido é nada mais do que uma versão corrompida do sinal transmitido”. Então estamos diante de um sério problema, pois se o Receptor ler o sinal tal qual lho foi entregue, estará comprometendo toda uma transmissão. Então o que deverá ser feito? Existem equipamentos na recepção que serão responsáveis pela reconstituição do sinal corrompido, transformando-o, em seguida, na forma da mensagem original e só então será entregue ao Destinatário.

### SISTEMA DE COMUNICAÇÃO



**Fig. 01 – Sistema de Comunicação – (Redes de Computadores – das Lans, Mas,Wans às Redes ATM)**

- 1 *SINAL DE MENSAGEM*
- 2 *SINAL TRANSMITIDO*
- 3 *SINAL RECEBIDO CORROMPIDO*
- 4 *SINAL ORIGINAL*

## 2.2 FONTE DE INFORMAÇÃO

O ambiente de Telecomunicações é dominado por quatro importantes Fontes de informação:

*\_ A Fala;*

*\_ A Televisão;*

*\_ O Fac Simile; e*

*\_ Os Computadores.*

Uma Fonte de Informação pode ser caracterizada na forma do sinal que carrega a informação, sendo que este é definido como uma função de valor único, em qualquer instante do tempo.

### 2.2.1 A Fala

A Fala é o processo mais primário de comunicação humana, especificamente o processo de comunicação que envolve a transferência de informação de um Emissor para um Receptor, que ocorre em três estágios sucessivos. Vamos a eles:

#### 2.2.1.1 Produção

Uma mensagem pretendida na mente do Transmissor é representada por um sinal de “fala” que consiste de som (i.e., ondas de pressão) gerado dentro da boca do Emissor, cujo arranjo é governado pelas regras da língua.

### 2.2.1.2 Propagação

Diz respeito ao som das ondas propagado através do ar, alcançando o ouvido do receptor.

### 2.2.1.3 Percepção

Estão relacionados aos sons de chegada que são decifrados pelo Receptor, dentro de uma mensagem de chegada, completando, destarte, a seqüência de eventos que culminam na transferência de informação do Emissor para o Receptor.

## 2.2.2 A Televisão

Esta fonte de informação tem a ver com a transmissão de imagens em movimento, através do sinal elétrico. Para realizar esta transmissão, cada imagem completa tem que ser **“Scaneada Seqüencialmente”**. Este processo é realizado em uma câmara de TV. Em se tratando de uma TV monocromática (preto e branco), a câmara contém desenhos ópticos para focalizar uma imagem em um fotocatodo que, por sua vez, contém um grande número de elementos fotosensíveis. A carga padrão produzida na superfície fotosensível é **“scaneada”** por um suporte eletrônico, produzindo, assim, uma corrente de saída que varia temporariamente, de acordo com a maneira pela qual o brilho da imagem original varia no espaço, de um ponto a outro. O resultado da corrente de saída recebe o nome de **“Sinal de Video”**. O tipo de “scaneamento” usado tem o propósito de converter a intensidade de uma imagem de duas dimensões em uma forma de onda de uma única dimensão. Na televisão, uma imagem é dividida em 525 linhas que constituem um quadro. Cada quadro é dividido em dois campos entrelaçados, cada um com 262,5 linhas.

## 2.2.3 O Fac Simile

Esta terceira Fonte de Informação é mais comumente conhecida como “FAX” e seu propósito é o de transmitir figuras através de um canal de comunicação (canal telefônico).

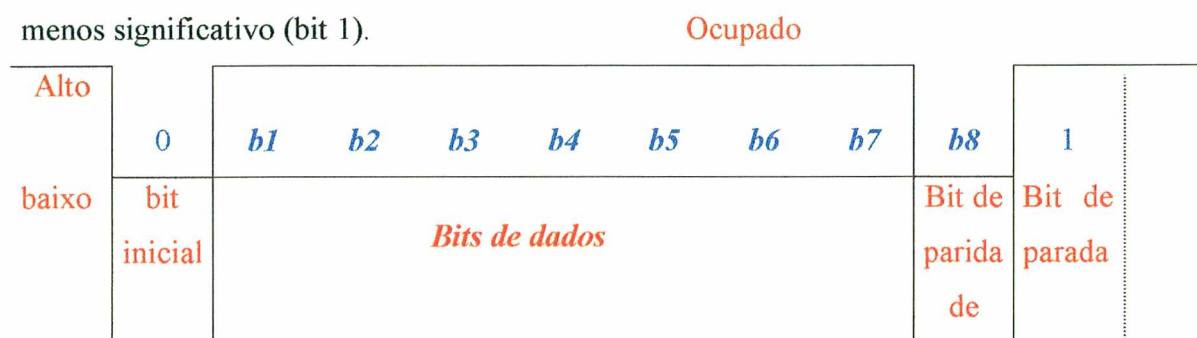


O princípio básico empregado pela geração de sinal em uma máquina de fac simile é “scanear” um documento original (pode ser uma figura) usando um sensor de imagem para converter o sinal luminoso em sinal elétrico.

#### 2.2.4 Os Computadores

Essas máquinas estão se tornando cada vez mais numerosas e importantes em nosso cotidiano. As estimativas apontam que, pelo menos, 80% destas estão ligadas em rede. O texto transmitido por um computador é normalmente codificado, usando o *ASCII – American Standard Code for Information Interchange*. Este foi o primeiro código desenvolvido especificamente para comunicação de computadores. Cada caracter no ASCII é representado por sete bits de dados que constituem um único padrão binário de 0 e 1, tendo assim um total de 128 diferentes caracteres que podem ser representados por este código. Os caracteres são impressos em letras maiúsculas e minúsculas, números, símbolos especiais de controle e símbolos como @, \$ e %.

Os sete bits de dados são ordenados a partir do bit mais significativo (bit 7) para o menos significativo (bit 1).



**Fig. 02 – Representação de um Bit de Dado - (Redes de Computadores – das Lans, Mas,Wans às Redes ATM)**

No final dos bits de dados, um bit extra, bit 8, é anexado com o objetivo de detectar erros que possam vir a ocorrer. Este bit detector de erros é chamado “Bit de Paridade”. Uma seqüência de oito bits e chamada de Byte ou Octeto. O bit de paridade é entreposto de tal maneira que o número total de *uns* em cada Byte é ímpar, para uma paridade ímpar, ou par, para uma paridade par. Vamos explicar: Suponhamos que em uma comunicação resolvamos usar a paridade par. Logo, o bit de paridade será um “0” quando o número de “uns” em um bit de dados for par e “1” quando for ímpar. E se um bit de um determinado Byte for recebido

com erro, violando a regra de paridade? O que acontecerá com ele?... este bit será detectado e corrigido.

Os computadores geradores de dados e os sinais de televisão são ambos sinais de Banda Larga, sendo que seus conteúdos de potência ocupam uma grande faixa de frequência. Mas isto é assunto para mais tarde.

### 2.3 SINAL DE BANDA-BASE E BANDA PASSANTE

No contexto de um sistema de Comunicação, um sinal de interesse primário é o “*Sinal de Mensagem*” entregue por uma fonte de informação. Este sinal é também conhecido como um “*Sinal de Banda Base*”, com o termo “*Banda Base*” sendo usado para designar a banda de frequências que representa o Sinal de Mensagem.

O Sinal de Banda Base pode ser Analógico ou Digital. No primeiro, o Tempo permanece um valor constante, tal qual a Amplitude do sinal. O Sinal de Banda Base Analógico surge quando uma forma de onda física, onda acústica ou luminosa, é convertida em sinal elétrico.

Num Sinal Digital, a Amplitude do sinal e o Tempo são valores discretos. A saída de um computador digital é um exemplo concreto de um Sinal de Banda Base do tipo Digital, pois nesta saída existem apenas dois valores, comumente representados pelos símbolos binários “0” e “1”, logo este sinal é conhecido como um sinal binário.

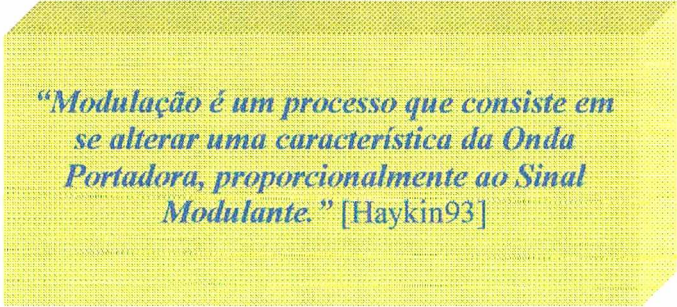
Outro sinal de interesse básico é o Sinal Transmitido, o qual apresenta sua caracterização determinada pelo tipo de canal usado no Sistema de Comunicação. Na transmissão de Banda Base, como o nome já diz, a banda de transmissão de frequência suportada pelo canal mais próximo, emparelha a banda de frequência ocupada pelo Sinal de Mensagem. Já na transmissão de Banda Passante, a banda de transmissão do canal é centralizada em uma frequência muito maior do que a maior frequência do Sinal de Mensagem. Esta transmissão é dita “*Sinal de Banda Passante*” e sua geração é concluída no Transmissor, usando um processo denominado “*Modulação*”, que será objeto de estudo do próximo item.

## 2.4 MODULAÇÃO

É sabido por todos nós que a grande, e talvez maior, preocupação do ser humano vem sendo, através dos tempos, aperfeiçoar os Sistemas de Comunicação, a fim de que se possa integrar todo o planeta de forma tão eficiente que todos nós nos sintamos em uma “Aldeia global” propriamente dita.

Tarefa difícil esta, devido à incompatibilidade entre as aptidões dos sentidos do ser humano e as possibilidades de realização de um sistema de comunicação.

O propósito do Sistema de Comunicação é entregar um Sinal de Mensagem de uma Fonte de Informação para outra, em uma forma identificável para o usuário final (destino), estando a fonte e o usuário separados fisicamente um do outro. Para que isto ocorra, o Transmissor modifica o Sinal de Mensagem para uma forma adequada de transmissão através do canal. Tal modificação é alcançada através de um processo conhecido como “**Modulação**”, que envolve a variação de alguns parâmetros de um sinal de alta frequência, de acordo com o Sinal de Mensagem. Convencionalmente o Sinal de Mensagem é dito “**Sinal Modulante**” e o sinal de alta frequência é chamado de “**Onda Portadora**”. O resultado da interferência de um sinal sobre o outro é um terceiro sinal elétrico chamado “**Sinal Modulado**”. Logo, podemos definir “Modulação” da seguinte maneira:



*“Modulação é um processo que consiste em se alterar uma característica da Onda Portadora, proporcionalmente ao Sinal Modulante.” [Haykin93]*

O Receptor recria o Sinal Modulante original a partir de uma versão degradada do sinal transmitido, após a propagação através do canal. Esta recriação é acompanhada pelo uso de um processo conhecido como “**Demodulação**” que nada mais do que o inverso do processo de “**Modulação**” usado pelo Transmissor. Contudo, devido à inevitável presença de ruído e distorção no sinal recebido, conclui-se que o Receptor não pode recriar o Sinal Modulante exatamente. O resultado da degradação do sistema é influenciado pelo tipo de

Modulação usada, pois é sabido que algumas são menos sensíveis ao efeito de ruído e distorção que outras.

### 2.4.1 Classificação da Modulação

Podemos classificar o processo de Modulação em: **Modulação em Onda Contínua** e **Modulação em Sistemas Pulsados**. Vamos conhecer cada uma delas!

#### 2.4.1.1 Modulação em Onda Contínua (CW)

Na Modulação em Onda Contínua, uma onda senoidal é usada como Portadora. Quando a **Amplitude** dessa Portadora é variada de acordo com o Sinal Modulante, temos a “**Modulação em Amplitude**” (**AM**) e quando o **Ângulo** da Portadora é variado, temos a “**Modulação Angular**”. Vamos a elas.

##### a) Modulação em Amplitude (AM)

A Modulação em Amplitude se subdivide em quatro categorias:

*a.1) AM - DSB (Amplitude Modulation - Double Side Band) - Modulação em Amplitude com Banda Lateral Dupla*

O princípio da Modulação AM – DSB consiste no fato de que o Sinal Modulante interfere exclusiva e diretamente na Amplitude da Portadora.

*a.2) AM - DSB/SC (Amplitude Modulation - Double Side Band / Supressed Carrier) - Modulação em Amplitude com Banda Lateral Dupla e Portadora Suprimida*

A Modulação AM – DSB/SC surgiu como uma tentativa de economizar a potência utilizada pela Portadora no sistema AM – DSB, que é, no mínimo 67% da potência total do Sinal Modulado.

O princípio para a economia de potência, como o próprio nome já diz, é a “*Supressão da Portadora*”, fazendo com que a potência do Sinal Modulado seja destinada às raias de informação.

*a.3) AM - SSB (Amplitude Modulation - Single Side Band) – Modulação em Amplitude com Banda Lateral Simples*

Alguns fatores contribuíram para a criação do sistema AM – SSB, sendo, para nós, o principal a necessidade de se encontrar um sistema que ocupasse a menor faixa possível do espectro de frequências, tendo o melhor aproveitamento possível da potência de transmissão. Aliando isso tudo ao fato de que seria necessário um sistema de recepção mais eficiente que os anteriores, a primeira idéia foi aproveitar o AM – DSB/SC para gerar um outro que, ao invés de duas bandas laterais, tivesse uma só, pois a informação contida nessa banda seria exatamente a mesma que as duas do outro sistema.

Assim começaram as pesquisas em torno do AM – SSB, obviamente com Portadora suprimida. Este sistema, por aproveitar ao máximo a potência de transmissão e ocupar uma estreita banda no espectro de frequências, seria o ideal para a comunicação ponto-a-ponto. Em função disso, usou-se a voz humana como sinal de informação do sistema AM – SSB.

Hoje sabemos que a Modulação em Amplitude tem dois sistemas de comunicação amplamente utilizados que são o AM – DSB e o AM – SSB. O primeiro, de ampla utilização na radiodifusão comercial e o segundo, de grande penetração nas comunicações ponto-a-ponto. Então só nos resta sabermos os vantagens e desvantagens que os diferem entre si:

\_ Quanto à Largura de Faixa do Sinal Modulado

Este fator traz dois pontos positivos para o AM – SSB em relação ao DSB, pois como o primeiro ocupa uma faixa de 3 a 4 KHz e o DSB ocupa uma faixa de 10 KHz, observamos, a princípio, que na banda de frequência ocupada por uma determinada quantidade de estações AM – DSB, teremos mais que o dobro de estações AM – SSB. O outro ponto positivo, é devido ao fato do ruído presente no sinal ser proporcional à banda ocupada, o que nos leva a concluir que o sistema AM – SSB tem presente em seu sinal a metade do ruído presente no sinal AM – DSB.

### \_ Quanto à Potência do Transmissor

Como o sinal modulado AM – DSB tem, além das raiais de informação, a raia da Portadora, a potência do Transmissor é dividida, cabendo a cada raia de informação no máximo 16,7% da potência total do Transmissor. Como a raia SSB é única, ela aproveita 100% da potência total do Transmissor, o que corresponde a uma potência efetiva de informação seis vezes maior.

### \_ Quanto à Complexidade do Equipamento

Neste ponto, é notório que, apesar do baixo rendimento de potência de informação na transmissão, o sistema AM – DSB tem em seus receptores o que há de mais simples em termos de concepção e circuitos. Em contrapartida, os receptores AM – SSB são extremamente complexos e, em virtude disso, extremamente caros.

### \_ Quanto à Tolerância do Equipamento

Já foi observado, anteriormente, que um receptor AM – DSB sempre conta com um erro de rastreamento, sendo, neste ponto, bastante tolerante, enquanto o sistema SSB não permite variações de frequências maiores que poucas dezenas de Hz, o que obriga o uso de caros osciladores a cristal, que, muitas vezes, são mantidos em ambientes com temperaturas constantes, para evitar desvios.

*a.4) AM - VSB (Amplitude Modulation – Vestigial Side Band) – Modulação em Amplitude com Banda Lateral com Vestígio.*

A Modulação em Amplitude VSB foi, a princípio, uma alternativa para baratear o alto custo do sistema AM – SSB, pois, ao invés de utilizar um filtro de corte extremamente agudo, emprega um, cuja atenuação é suave e gradual em função da frequência, sendo simétrico em relação à frequência da Portadora.

### ***b) Modulação Angular***

Esta forma de Modulação em Onda Contínua pode ser subdividida em Modulação em Freqüência (FM) e Modulação em Fase (PM), onde a freqüência instantânea e a fase da portadora variam, respectivamente, de acordo com o Sinal Modulante.

#### 2.4.1.2 Modulação em Sistemas Pulsados

A Modulação por Pulsos consiste, basicamente, na utilização de uma **“Portadora Trem de Pulsos”** que, de uma forma diferente da Portadora Senoidal, tem um conjunto de características que permitem maior diversidade dos possíveis tipos de Modulação.

O que é feito, na verdade, é uma tomada de amostra do Sinal de Informação (Sinal Modulante) por parte da Portadora Trem de Pulsos, sendo que esta tomada de amostra deve ser feita a intervalos de tempos tais que caracterizem perfeitamente o Sinal de Informação. Sendo assim, o Teorema que rege a Modulação em Sistemas Pulsados é chamado **“Teorema da Amostragem”**, cujo enunciado diz o seguinte:

*“Um sinal limitado em faixa, em qualquer componente espectral acima da freqüência FM, fica perfeitamente caracterizado se amostras instantâneas de seus valores forem tomadas a intervalos de tempo T0, que resultem uma freqüência F0 maior que duas vezes o FM.”*

$$F_0 \geq 2F_M$$

Uma Portadora Trem de Pulsos pode ser do tipo Analógica ou Digital. A primeira nos permite a seguinte gama de Modulações:

##### **a) Modulação por Amplitude de Pulsos (PAM)**

O sistema PAM é aquele no qual se aplica mais diretamente o conceito de um sinal amostrado e do próprio Teorema da Amostragem, pois o Sinal Modulado pode ser compreendido como o produto do Sinal Modulante pelo Trem de Pulsos da Portadora.

O conteúdo de baixas freqüências deste sinal é bastante considerável, estando, inclusive, a porção a ser demodulada na faixa de áudio. Devido a isso, o sinal de PAM não é

habitualmente transmitido, mas podemos, a partir dele, criar Sinais Modulados em PAM/AM ou em PAM/FM, usando as Técnicas de Modulação ASK e FSK.

#### *a.1) Modulação ASK*

O Sistema ASK (Amplitude Shift Keying) ou de Chaveamento de Amplitude, consiste em liberar ou interromper a passagem da Portadora, de acordo com o nível do Sinal Modulante que deve ser, obrigatoriamente, discreto.

Em última análise, este sinal corresponde a uma Modulação em AM – DSB, o que nos permite imaginar um sinal ASK com vários níveis possíveis, tendo cada um deles sido originado por um determinado nível do Sinal Modulante.

#### *a.2) Modulação FSK*

O Sistema FSK (Frequency Shift Keying) ou de Chaveamento de Frequências, é análogo ao ASK, porém modifica a frequência do Sinal Modulado.

#### *b) Modulação por Largura de Pulso (PWM)*

O Sistema PWM consiste em variar a Largura de Pulso da Portadora, proporcionalmente ao Sinal Modulante, mantendo constante a Amplitude e o intervalo de tempo em que os pulsos se repetem.

Podemos, a princípio, ter variações simultâneas em ambos os bordos do pulso, o que caracteriza um PWM Simétrico, ou variações em apenas um bordo de cada vez, o que caracterizaria um PWM Assimétrico de Bordo Esquerdo ou Direito.

#### *c) Modulação por Posição de Pulsos (PPM)*

O sistema PPM consiste em variar a posição do pulso da portadora, proporcionalmente ao Sinal Modulante, mantendo constante a Amplitude e a Largura dos Pulsos.



Quando tratamos do padrão Digital de Modulação por Pulsos, temos a Modulação por Código de Pulso (PCM) que não tem onda contínua, em contrapartida, o PCM começa essencialmente como uma PAM, porém com uma importante modificação: A Amplitude de cada pulso modulado é quantizado ou completado pelo valor mais próximo de um item prescrito de níveis de Amplitude discreto e, então, codificado em uma seqüência correspondente de símbolos binários. Os símbolos binários “0” e “1” são representados por sinais de pulso que são apropriadamente modulados para a transmissão através do canal. Em todo evento, como resultado da quantização do processo, alguma informação é sempre perdida e o sinal original não poderá ser reconstruído exatamente, tal como foi transmitido.

Dentre todos os Processos de Modulação, é a PCM que cada vez mais aparece como a preferida para a transmissão de mensagens analógicas devido às seguintes razões:

*c.1) Robustividade em ambientes com muito ruído, regenerando a transmissão do sinal em intervalos regulares;*

*c.2) Flexibilidade de operação;*

*c.3) Integração das diversas faces de comunicação em um formato comum; e*

*c.4) Segurança na transmissão da informação, desde sua fonte até o destino.*

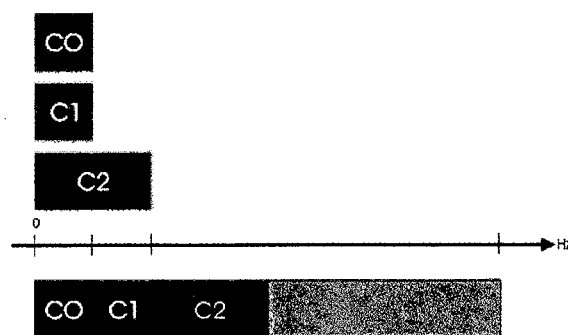
Quando a idéia de Modulação foi aqui introduzida, procurou-se esgotar sua importância como um processo que assegura a transmissão de uma mensagem através de um canal prescrito. Porém há um outro benefício importante que resulta do uso da Modulação, e que será objeto de estudo em nosso próximo item: “*A Multiplexação*”.

## 2.5 MULTIPLEXAÇÃO

Chamamos Multiplexação ao processo que combina vários sinais de mensagem (Sinal Modulante) a fim de que sejam transmitidos simultaneamente através do mesmo canal. Resumindo, Multiplexação é a transmissão de dois ou mais sinais, simultaneamente, em um único meio de transmissão. Existem duas formas básicas de Multiplexação:

### 2.5.1 Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM)

Vamos observar a figura a seguir:



**Fig. 03 – Multiplexação na Frequência - (Redes de Computadores – das Lans, Mas,Wans às Redes ATM)**

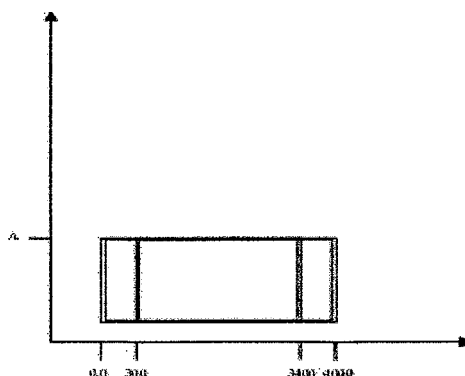
Se passarmos um filtro em cada um dos sinais, de forma a preservar somente a faixa relativa à Banda Passante necessária de cada um deles, teremos dado o primeiro passo para alojar esses três sinais na forma desejada, sem que um interfira no outro. Em seguida, vamos deslocar a faixa de frequências original do segundo e do terceiro sinal, de forma que eles passem a ocupar as três faixas disjuntas, sem sobreposição. Felizmente já conhecemos essas técnicas de deslocamento. Isso mesmo! Falamos da Modulação! Dessa forma, os três sinais podem ser transmitidos no meio físico, cada um deles ocupando uma banda ou canal distinto, com tamanho adequado a sua transmissão. Como os sinais foram previamente filtrados, de acordo com sua Banda Passante, a informação de cada um deles está preservada e contida naquela faixa de frequências na qual está sendo transmitido e em nenhuma outra.

Para melhor resumirmos tudo o que foi exposto acima, chegamos a conclusão que a Multiplexação por Divisão de Frequência nada mais é do que o processo que consiste em agrupar várias bandas em uma maior denominada Banda Básica.

Para que possamos entender como é o princípio de funcionamento desse tipo de Multiplexação, que tal iniciarmos caracterizando um canal de voz?

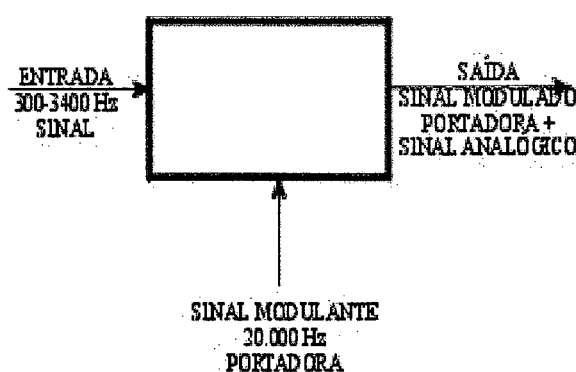
O canal de voz pode ser entendido como uma largura de banda de frequência operando na faixa de 4 KHz. Na verdade, o canal de voz guarda esta largura de faixa para que haja

proteção entre vários canais adjacentes, mas ele está compreendido entre 300 Hz e 3,4 KHz. Conforme podemos observar na figura a seguir:



**Fig. 04 – Canal de Voz – (Comunicação de Dados – Conceitos Fundamentais)**

Esta outra figura demonstra um Multiplexador, ou Misturador. Na sua entrada temos um Sinal Modulador, variando na faixa do canal de voz. Este sinal modula uma Portadora de 20 KHz, sendo que na saída teremos um Sinal Modulado, isto é, a Portadora mais o Sinal Modulante.



**Fig. 05 – Multiplexador -(Comunicação de Dados – Conceitos Fundamentais)**

### 2.5.2 Multiplexação por Divisão do Tempo (TDM)

Conforme já foi mencionado anteriormente, podemos compartilhar um meio físico por várias estações, não só através da Multiplexação na Frequência, como também através da Multiplexação no Tempo.

A Multiplexação por Divisão do Tempo se beneficia do fato de que a capacidade (bps) do meio de transmissão, em muitos casos, excede a taxa média de geração de bits das estações conectadas ao meio físico. Quando isso ocorre, vários sinais podem ser transportados por um único caminho físico, intercalando-se porções de cada sinal no tempo. Resumindo, é uma técnica de transmissão de várias mensagens em um mesmo meio, por divisão no domínio do tempo, em pequenas amostras de cada mensagem, obedecendo a uma seqüência regular.



**Fig. 06 – Multiplexação Por Divisão do Tempo – Amostragem - (Redes de Computadores – Das Lans, Mas,Wans às Redes ATM)**

Esta Multiplexação pode ser classificada em duas formas:

#### 2.5.2.1 TDM Síncrono

Neste processo, o domínio do tempo é dividido em intervalos de tamanho fixo “T” chamados “*frames*”. Cada “*frame*” é subdividido em “N” subintervalos {  $t_1, \dots, t_n$  } denominados “*slots*” ou “*segmentos*” que formam uma partição dos “*frames*” que, por sua vez, formam uma partição de tempo infinito.

Denomina-se “*Canal*” o conjunto de todos os segmentos, um em cada “*frame*”, identificados por uma determinada posição fixa dentro desses “*frames*”. Por exemplo, o canal 3 é formado pelo terceiro “*slot*” de cada “*frame*”. Os canais podem ser alocados a estações que desejem transmitir. Cada estação deverá esperar o “*slot*” correspondente dentro de cada “*frame*”, quando então poderá transmitir durante o tempo daquele “*slot*”, utilizando a taxa de transmissão máxima suportada pelo meio físico.

Da mesma forma que alocamos canais de frequência em redes utilizando o FDM, em redes que utilizam TDM, os canais devem ser alocados às diferentes fontes de transmissão.

Se a alocação de um determinado canal é fixa durante todo o tempo e preestabelecida antes do funcionamento da rede, tem-se um “*Canal Dedicado*”.

Os canais também podem ser alocados e deslocados dinamicamente durante o funcionamento da rede. Se isto acontecer, serão denominados “*Canais Chaveados*”. Uma estação, ao alocar um Canal Chaveado, pode transmitir neste canal pelo tempo que desejar e quando não mais desejar o monopólio do canal, a estação o devolve à controladora do sistema, que só então poderá alocá-lo a outras estações. Este esquema é que define o Canal como “Síncrono”, independente dele ser ponto-a-ponto ou multiponto.

### 2.5.2.2 TDM Assíncrono

Uma alternativa ao TDM Síncrono que procura eliminar o desperdício de capacidade existente nesse esquema é o TDM Assíncrono ou Estático, onde não há alocação do canal nem estabelecimento de conexão. Parcelas de tempo são alocadas dinamicamente, de acordo com a demanda das estações. Nenhuma capacidade é desperdiçada, pois o tempo não utilizado está sempre disponível, caso alguma estação gere tráfego e deseje utilizar o canal de transmissão. Em compensação, neste processo, cada unidade de informação transmitida deve sempre conter um cabeçalho com os endereços de origem e de destino, além do fato de que cada canal já identifica o transmissor. É claro que em canais ponto-a-ponto com TDM Síncrono, o cabeçalho é totalmente desnecessário, já que o receptor é também identificado pela conexão.

### 2.5.3 “FDM” & “TDM”

Como vimos, na Multiplexação em Frequência a utilização da Modulação é necessária para deslocar os sinais originais para outra faixa de frequências. A filtragem dos sinais permite o compartilhamento do mesmo meio físico, sem que um sinal interfira nas faixas de frequências adjacentes que carregam outros sinais. Os sinais digitais são transformados em sinais analógicos e, por esse motivo, é comum associarmos sistemas de Banda Larga à Transmissão Analógica.

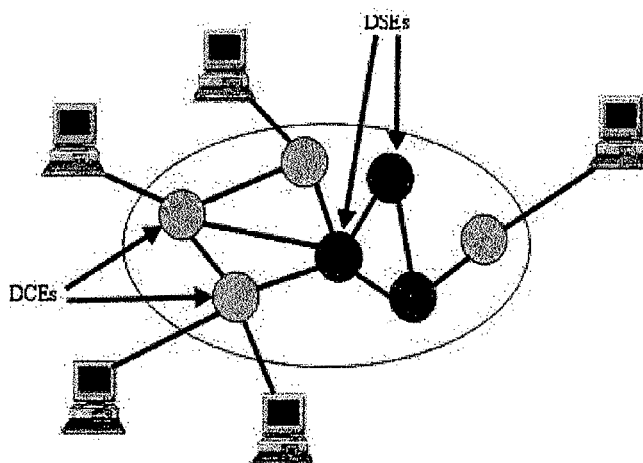
Já em esquemas que utilizam o TDM, os sinais são transmitidos em Banda Básica, sendo, portanto, sinais Digitais. Assim, associa-se TDM à Transmissão Digital que oferece

vantagens sobre a Analógica, principalmente no que diz respeito à recuperação de sinais na presença de ruídos. Os sinais em Transmissão Digital podem ser regenerados através de Repetidores que não propagam ruído.

## 2.6 REDES

Uma Rede de Comunicação, ou simplesmente “Rede”, é formada pela interconexão de um número de nós, feitos de processadores inteligentes (e.g., microcomputadores). A proposta inicial desses nós é estabelecer uma rota de dados através da Rede. Cada nó tem uma ou mais estações ligadas a ele.

A Rede é designada para servir como um recurso compartilhado na troca de informações entre as estações de trabalho, de uma maneira eficiente, fornecendo, ainda, uma ferramenta de trabalho que suporte novas aplicações e serviços. A Rede de Telefonia é um exemplo claro de Rede de Comunicação, na qual um circuito é usado para possibilitar uma comunicação dedicada. Este circuito consiste de uma seqüência conectada de “*links*” da Fonte até o Destino.



**Fig. 07 – Rede de Computadores - (Redes de Computadores – Das Lans, Mas,Wans às Redes ATM)**

Outro exemplo é a Rede de Computadores, formada por um conjunto de módulos processadores capazes de trocar informações e compartilhar recursos, interligados por um forte sistema de comunicação.

O projeto de uma Rede de Comunicação pode ocorrer de maneira ordenada, através da observação da Rede no que diz respeito a uma arquitetura de camadas. Uma camada se refere a um projeto em um sistema de computador, projetado para desenvolver uma função específica. Naturalmente, os projetistas de uma camada deverão estar familiarizados com seus detalhes internos e sua operação. A nível de sistema, um usuário visualiza uma camada como uma “*Caixa Preta*”, descrita em termos de entradas, saídas e das relações funcionais entre ambas. Numa arquitetura de camadas, cada camada estima a próxima camada mais baixa, como uma, ou mais, “*Caixa Preta*”, com algumas especificações funcionais atribuídas para serem usadas pela camada mais alta.

### 2.6.1 Redes de Comunicação de Dados e Voz

A comunicação é uma parte muito importante em nosso cotidiano, sendo possível absorvermos várias delas, como por exemplo:

\_ *Uma conversação entre duas pessoas;*

\_ *A leitura de um livro;*

\_ *Ler ou escrever uma carta;*

\_ *Observar obras de arte;*

\_ *Assistir a um filme no cinema; etc.*

Vários outros tipos de Comunicação poderiam ser expressos, porém vamos criar apenas mais um tipo, que é a base estrutural deste trabalho. A “*Comunicação de Dados e Voz*”.

Dos exemplos que acabamos de citar, inclusive no exemplo “*Comunicação de Dados e Voz*”, podemos observar que em cada um desses tipos existe com suas próprias características, entretanto uma delas é comum a todos os outros e você já deve ter recordado qual é: “*a transferência de informação entre um ponto e outro*”.

Em capítulos anteriores já vimos quais os três elementos básicos necessários para que haja transferência de informação, como também vimos como eles funcionam.

De posse de todos esses dados, podemos montar o que chamamos de Sistema de Comunicação e, a partir daí, vamos investigar a área importante para nós que é a Comunicação de Dados e Voz. Esta área envolve vários tipos de combinação de fontes de mensagens, meios e receptores, em vários tipos de Redes de Comunicação. Que tal exemplificarmos, agora, esta Rede de comunicação?

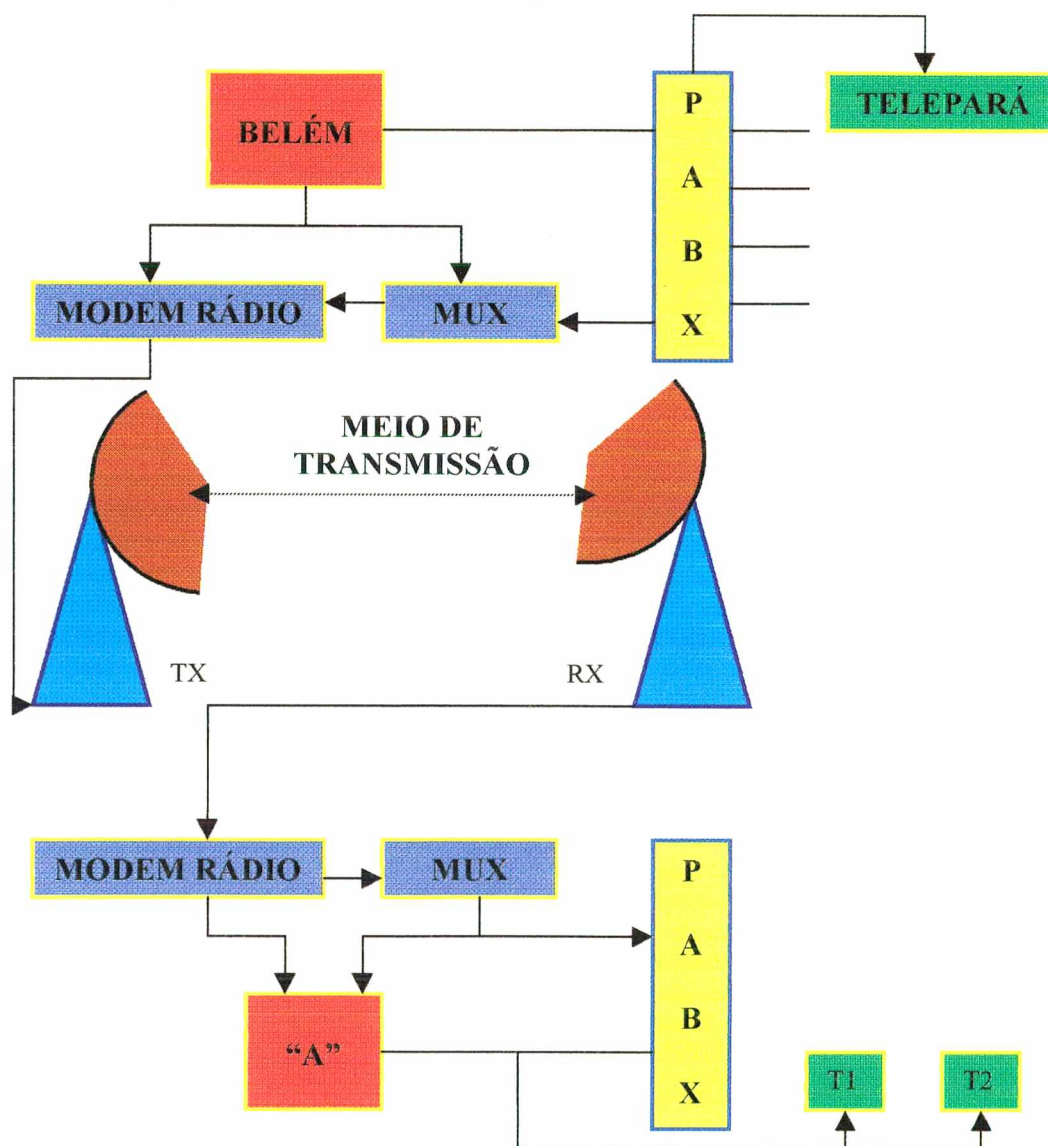


Fig. 08 – Rede de Comunicação de Dados e Voz



O que observamos acima é uma simples Rede de Computador, entretanto se quisermos colocar os elementos que compõem esta rede a longas distâncias do computador central, precisaremos introduzir o conceito de “Rede de Comunicação”.

Uma Rede de Comunicação de Dados e Voz pode ser definida, de uma forma simples, como:

*“Uma coleção de Terminais, Linhas, Computadores e Multiplexadores.” [Neto93]*

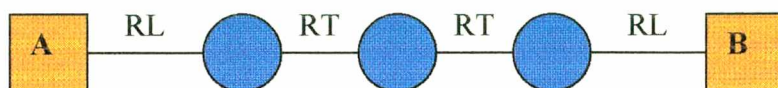
Existem três formas de interligação dos computadores em uma Rede. Usando-se Linha ponto-a-ponto, Multiponto ou Linha Discada.

#### 2.6.1.1 Linha ponto-a-ponto

O tipo de Linha ponto-a-ponto, ou circuito Dedicado, é o componente básico das Redes de Comunicação de Dados. Ela é utilizada para interligação de computadores, microcomputadores e terminais à longa distância.

Podemos projetar Linhas Dedicadas em Redes Locais, Redes Urbanas, Redes Interurbanas e Redes Internacionais. Em uma Rede Local, poderíamos interligar vários terminais a um computador central.

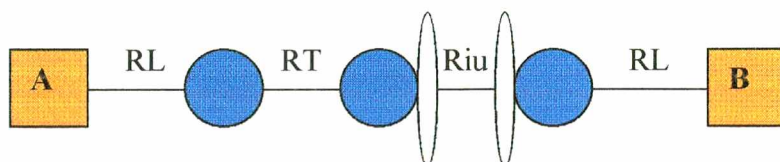
Em se tratando das ligações utilizando a Rede Urbana de uma empresa operadora do serviço de Telecomunicações, por exemplo, tem-se, basicamente, a configuração mostrada abaixo:



**Fig. 09 – Ligação Utilizando uma Rede Urbana**

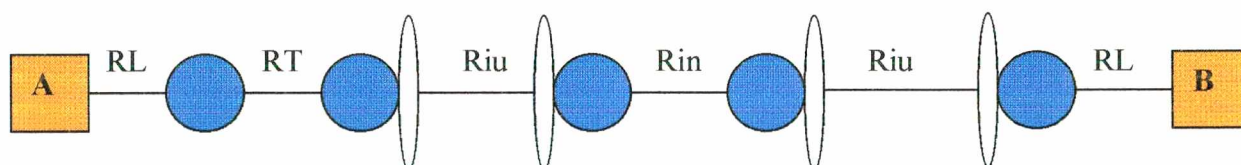
A conexão entre os pontos “A” e “B” é realizada através de pares na Rede local (RL) e de pares ou sistemas digitais, na Rede Tronco (RT).

Para as Ligações Interurbanas, envolvendo pontos em duas cidades distintas, é acrescentado ao circuito anterior a conexão interurbana.



**Fig. 10 – Ligação Utilizando uma Rede Interurbana**

Os circuitos Internacionais são muito semelhantes aos Interurbanos, porém acrescentados do enlace Internacional.



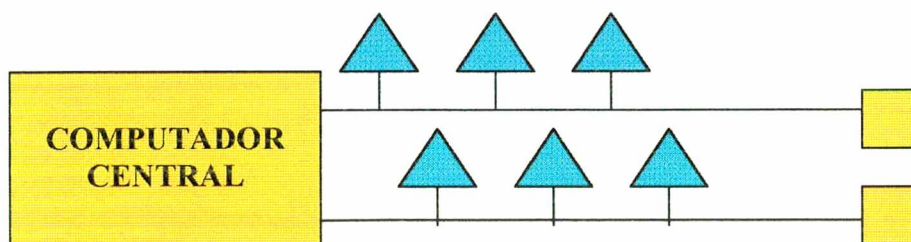
**Fig. 11 – Ligação Utilizando uma Rede Internacional**

Os circuitos acima apresentados podem ser suportados por diversas tecnologias, tanto no cenário analógico, como no digital.

#### 2.6.1.2 Linha Multiponto

As Linhas Dedicadas têm um custo de aluguel mensal praticado pelas empresas operadoras do Serviço de Telecomunicações em todo o mundo, sendo este bastante elevado.

A Linha Multiponto é geralmente utilizada quando dois ou mais terminais são conectados a mesma linha de comunicação, conforme podemos observar na figura a seguir:

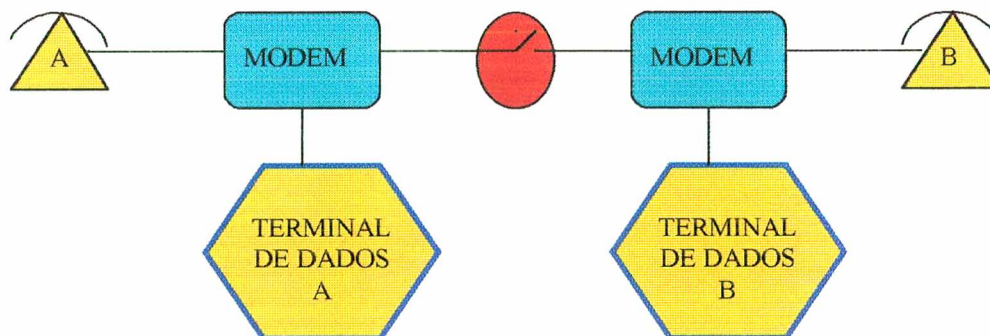


**Fig. 12 – Linha Multiponto**

### 2.6.1.3 Linha Discada

A Planta de Telecomunicações instalada em todo o mundo permite a utilização das facilidades de rede para a interligação de dois pontos para Comunicação de Dados.

A conexão pode ser realizada, através da central de comutação, de forma manual, semi-automática ou automática, utilizando um protocolo de comunicação.



**Fig. 13 – Linha Discada**

### 3 MEIOS DE TRANSMISSÃO

Podemos diferenciar os Meios de Transmissão se compararmos as suas *Bandas Passantes, o Potencial para Conexão Ponto a Ponto, as Limitações Geográficas, a Imunidade ao Ruído, o Custo, a Disponibilidade de Componentes e, é claro, a Confiabilidade*. [Soares95]

A escolha de um Meio de Transmissão adequado é de extrema importância, não só pelos motivos acima relacionados, mas principalmente pelo fato de que ele influenciará diretamente no custo das interfaces com a Rede.

#### 3.1 MEIOS FÍSICOS

É bem verdade que qualquer Meio Físico capaz de transportar informações eletromagnéticas, é passível de ser usado em Redes de Comunicação, o que não nos abstêm de escolhermos o que melhor se adequa as nossas necessidades. Os Meios Físicos mais comumente usados são:

##### 3.1.1 Par Trançado (10 base T ou 100 base T)

Em primeiro lugar, não devemos confundir este meio de transmissão com aqueles do ambiente telefônico tradicional ou digital. Par Trançado é o mais barato dos meios de transmissão padronizados para uso em Redes Locais, além de ter um alcance médio “baixo”. Quando a topologia Estrela, com seu emprego viabilizado pelos Hub’s, tornou-se a melhor opção, o Par Trançado passou a ser largamente empregado pelas LANs, sendo, atualmente, a maior base instalada. Com alcance de 100 metros (da estação de trabalho ao HUB), considerando todos os segmentos de conexão, este meio de transmissão se adequa facilmente às necessidades topológicas das LANs atuais, pelo menos em sua maioria.

Na verdade, temos dois tipos de Pares Trançados, sendo um sem blindagem (UTP – Unshielded Twisted Pair) e outro blindado (STP – Shielded Twisted Pair). O primeiro é largamente empregado em escritórios ou em ambientes que não estejam sujeitos à poluição eletromagnética, enquanto que o segundo é indicado para ambientes sujeitos a interferências

eletromagnéticas. Convém lembrar que se adotarmos o Par Trançado com Blindagem, todos os outros elementos envolvidos devem ser blindados.

Como vantagens do 10 base T em relação aos Coaxiais, que veremos a seguir, podemos citar a baixa ocupação de dutos de passagem, grande flexibilidade e, principalmente, o suporte à velocidade de 100 Mbps. São definidas categorias para o Par Trançado, as quais especificam suas características elétricas e dielétricas, além das velocidades suportadas. Tais categorias são definidas segundo normas ISO/IEC, com suas respectivas capacidades de throughput, conforme descrito abaixo:

<b>CATEGORIA</b>	<b>ALCANCE DE VELOCIDADE (Mbps)</b>
<b>3</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>100</b>

Como podemos verificar, a categoria 5 é a que apresenta o maior throughput, sendo que a mesma deve ser padronizada em 155 Mbps para utilização de uma Rede Local ATM.

Vejamos agora, algumas características deste meio de transmissão:

- \_ ***10 (10 Mbps) base (base band) T (Twisted Pair;)***
- \_ ***Blindado (STP) ou não Blindado (UTP);***
- \_ ***Conhecido no mercado como Par Trançado;***
- \_ ***Utilizado tanto com o Protocolo Ethernet como com o Token Ring;***
- \_ ***Normalmente encontrado com quatro pares;***
- \_ ***Largamente utilizado em LANs;***
- \_ ***Alcance máximo de 100 metros;***

- \_ Utiliza o conector RJ 45 para dados e, no caso de uso conjunto com voz, o RJ 11;*
- \_ Existem cabos com capa anti-chama;*
- \_ Ocupa os dutos de passagem de forma pouco acentuada;*
- \_ Tem ótima flexibilidade;*
- \_ Média imunidade a ruídos externos, no caso de STP, e baixa imunidade, no caso do UTP; e*
- \_ Fácil conexão.*

O Par Trançado pode ser aproveitado no serviço de voz, conjuntamente aos serviços de dados, entretanto é necessário manter-se a categoria 5 em todos os elementos empregados neste cabeamento.

### **3.1.2 Cabo Coaxial**

O Cabo Coaxial 10 base 2 foi largamente utilizado no início das LANs, devido o mesmo apresentar a melhor relação Custo & Benefício. Atualmente, devido à falta de confiabilidade na utilização das Topologias físicas em barra ou anel, esta relação já não mais se apresenta adequada. O mesmo Hub que fez com que fosse adotada uma Topologia em estrela, também nos levou ao uso do Par Trançado, cujo alcance é suficiente na maioria das instalações de LANs.

O Cabo Coaxial 10 base 5 teve largo emprego nas primeiras LANs dos ambientes industriais, onde a grande poluição eletromagnética, aliada a grandes distâncias, apontavam este meio de transmissão como a melhor solução. Após este período, com o crescimento das redes corporativas, este coaxial passou a ser adotado como “backbone”. Atualmente este meio de transmissão é encontrado em redes de controle de processos, na indústria e em alguns “backbones”.

### **3.1.3 Fibra Óptica**

O segmento de transmissão óptico é, atualmente, um segmento altamente promissor, tendo em vista os constantes investimentos neste ramo. A Fibra Óptica tem aplicabilidade em diversos segmentos da Telemática e fora desta, como na Telefonia, WANs, Backbones de Redes Locais, Imagem, TV a Cabo, Submarinos, etc.

Por serem constituídas de material dielétrico, as Fibras ópticas apresentam diversas vantagens em relação aos demais meios de transmissão metálicos, tais como:

- \_ Reduzida Atenuação de transmissão;*
- \_ Elevada capacidade de transmissão;*
- \_ Dimensões reduzidas;*
- \_ Baixo peso;*
- \_ Imunidade a interferências eletromagnéticas;*
- \_ Imunidade à Diafonia;*
- \_ Não gera interferência em outros meios; e*
- \_ Segurança contra “grampeamentos”.*

Por outro lado, também temos algumas desvantagens:

- \_ Fragilidade, pois as curvas acentuadas em dutos podem vir a quebrar a fibra;*
- \_ Difícil conectorização, tendo-se que usar inclusive microscópios;*
- \_ Dificuldade de utilização em topologias Barra ou Anel físicas;*
- \_ No caso de utilização de repetidores, a alimentação destes não pode ser feita pela própria fibra; e*

*– Padronização dos componentes (comum em toda tecnologia em evolução).*

### **3.1.4 WIRELESS (Redes sem Fio)**

Nas Redes Sem Fio, ou Wireless NetWork, os pacotes são transmitidos através do ar, em canais de frequência de rádio ( na faixa de KHz a GHz) ou Infravermelho (THz), sendo a primeira mais utilizada em Redes de Computadores, sendo adequada tanto para ligações ponto-a-ponto quanto para ligações Multiponto.

As Wireless baseadas em radiofusão são uma alternativa bastante viável para regiões onde é difícil, ou mesmo impossível instalar cabos metálicos ou de fibra óptica, como é o caso da algumas áreas inóspitas da Região Amazônica. Seu emprego é particularmente importante para comunicação entre computadores portáteis em um ambiente de Rede Local Móvel.

Entretanto, quando a Segurança for requisito indispensável, como nas Corporações Militares, esse processo deve ser observado com rigor, pois, teoricamente, não existem fronteiras para um sinal de rádio, logo é possível que este seja captado por receptores não autorizados. É claro que este problema pode ser amenizado utilizando-se algum mecanismo de criptografia quando da transmissão de sinais, mas isto elevaria consideravelmente o custo de transmissão.

Outro cuidado que deve ser tomado com as Wireless baseadas em radiofusão é quanto a possível existência de interferências provocadas por fontes que geram sinais na mesma banda de frequência, tais como motores elétricos, radares, dispositivos eletrônicos, etc.

Devido ao fato das Redes Sem Fio utilizarem normalmente altas frequências em suas transmissões, parte das ondas de rádio nessas frequências são refletidas quando entram em contato com objetos sólidos, o que implica na formação de diferentes caminhos entre o transmissor e o receptor, principalmente quando se trata de um ambiente fechado. Na verdade o que ocorre é que apenas parte do sinal segue o caminho reto entre o transmissor e o receptor. Como consequência, acontece um Espalhamento no tempo do sinal que chega ao receptor, ou seja, várias cópias do sinal chegam ao receptor deslocadas no tempo e, após percorrerem distâncias diferentes, elas somam-se aleatoriamente, sendo o valor do sinal captado pela antena do receptor igual ao resultado dessa soma. Se a diferença no comprimento



dos caminhos for igual a um múltiplo ímpar de metade de comprimento de onda da portadora do sinal, os componentes podem cancelar-se total ou parcialmente, sendo este fenômeno conhecido como "*Desvanecimento de Rayleigh*" (Rayleigh Fading) [Bantz 1994]. O resultado disso é que, no mesmo ambiente, em alguns locais, o sinal pode ser muito fraco, enquanto que em outros, a poucos metros de distância, pode ser perfeitamente nítido. Assim, ao movimentar-se, o receptor pode perceber variações abruptas na potência do sinal. Mesmo sem movimentar-se, um receptor não estará imune a esse efeito que poderá ser causado pela modificação da posição dos obstáculos no ambiente de operação da Rede, tais como a movimentação de pessoas ou objetos sólidos.

Como podemos concluir, as Redes sem Fio são sempre uma solução a ser analisada quando a infra-estrutura física das instalações é complexa, muitas vezes inviabilizando o uso de qualquer outro meio de transmissão. Este meio ainda tem um custo bastante elevado, e sabemos que a análise de adoção de um meio de transmissão deve ser feita obedecendo, principalmente, a dois aspectos: Custo & Benefício.

## 3.2 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO VIA RÁDIO

Para que possamos entender um pouco sobre as Comunicações Via Rádio, primeiramente teremos que abordar alguns pontos fundamentais:

\_ *Teoria Eletromagnética;*

\_ *Antenas; e*

\_ *Propagação de Ondas.*

### 3.2.1 Teoria Eletromagnética

As ondas podem ser classificadas em três tipos diferentes:

\_ *Quanto às Propriedades Físicas;*

\_ *Quanto à Frequência ou comprimento de Onda; e*

– ***Quanto à Direção de Variação da Onda em Relação ao Sentido de Propagação.***

Algumas definições básicas se fazem necessárias quando estudamos a Teoria Eletromagnética, vamos a elas:

### 3.2.1.1 Tipos de Ondas

#### ***a) Ondas Transversais***

A direção de variação da onda é perpendicular à direção de propagação.

Ex: Uma corda tensa.

#### ***b) Ondas Longitudinais***

A direção de variação é a mesma da de propagação.

Ex: Mola Espiral.

#### ***c) Ondas Caminhantes***

Seja uma função que no instante  $t = 0$  assuma o seguinte valor:

$$Y = f(x) \quad \text{para } t = 0$$

Se esta onda for caminhante, ela viajará com uma velocidade igual à velocidade da luz, sem modificar a sua forma. Logo, em um instante  $t \neq 0$ , a onda viajará no espaço  $S = V_p t$ . Neste momento, será descrita por:

$$Y = f(x - V_p t)$$

#### ***d) Onda Estacionária***

Sejam duas Ondas Caminhantes de mesma Amplitude, uma caminhando no sentido  $+x$  e outra no sentido  $-x$ . A superposição dessas duas ondas resultará em uma única que não tem forma de uma onda caminhante e, à medida que o tempo passa, ela permanece imóvel.

### 3.2.1.2 Polarização das Ondas Eletromagnéticas

Polarização de uma Onda Eletromagnética é a posição em que se encontra o campo elétrico e o campo magnético em relação a um plano de referência. É importante que se conheça a polarização, uma vez que o comportamento da onda variará com a forma e sua polarização. Além disso, esta determinará a situação em que deve se encontrar a antena receptora para maior eficiência de recepção. Podemos citar três tipos básicos de polarização:

\_ *Polarização Linear;*

\_ *Polarização Elíptica; e*

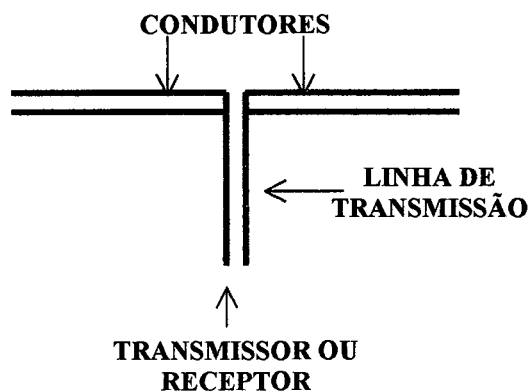
\_ *Polarização Circular.*

Na Polarização Linear, o campo elétrico se mantém sempre na mesma direção. Na Polarização Elíptica, a projeção do campo elétrico descreve uma elipse no plano perpendicular à direção de propagação, à medida em que a onda se propaga. Este é o tipo de superposição de duas ondas de mesma frequência, propagando-se na mesma direção, porém com fases, amplitudes e orientações diferentes, mas não arbitrarias.

A Polarização Circular é um caso particular da Elíptica, onde as duas ondas que se superpõem têm amplitudes iguais e de defasagem  $\pi/2$ .

### 3.2.2 Antenas

Uma Antena é um dispositivo capaz de irradiar ou interceptar Ondas Eletromagnéticas. Sua aparência física é basicamente mostrada pela figura abaixo, onde podemos classificá-la como um par de condutores alimentados por uma linha de transmissão.



**Fig. 14 – Aparência Física de uma antena Básica**

As Antenas podem, via de regra, servir tanto para a transmissão quanto para a recepção de ondas e suas dimensões físicas são, normalmente, da ordem de grandeza do comprimento de onda associado à frequência do sinal a ser transmitido ou captado.

Este assunto será abordado em duas partes distintas, para facilitar a compreensão: Características das Antenas, de um modo geral e uma breve análise dos diversos Tipos de Antenas existentes:

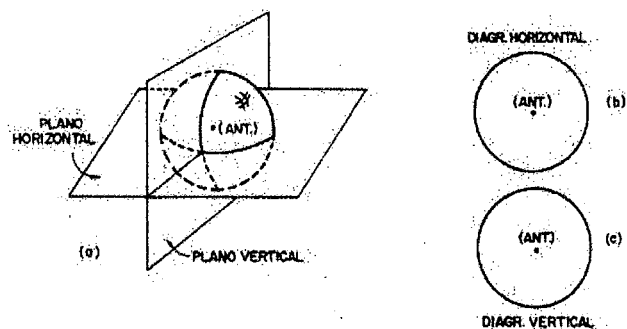
### 3.2.2.1 Características das Antenas

#### a) *Diagrama de Irradiação*

É a representação em coordenadas polares da intensidade de campo irradiada ou recebida por uma antena para todas as direções do espaço.

A Antena chamada “*Isotrópica*” ou “*Puntual*” é a Antena ideal, e portanto não existe, usada como padrão para definição de outras características que irradia igualmente para todas as direções do espaço.

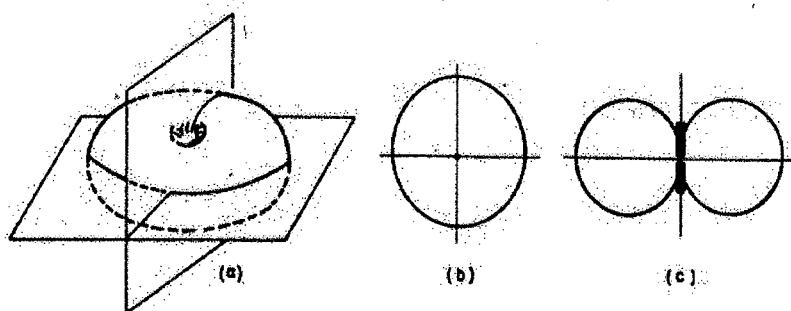
Desta forma, se formos compor um grafo espacial par a intensidade do campo em função da direção, este será uma esfera, como podemos observar na figura a seguir:



**Fig. 15 – Diagrama de Irradiação de uma Antena Isotrópica – (Rádio Transmissão e Recepção)**

Se cortarmos esta esfera por dois planos, um horizontal e outro vertical, a intersecção dos planos com a esfera gera os Diagramas de Irradiação Horizontal e Vertical.

No caso mais habitual, de um Dipolo Curto, o sólido que representa sua irradiação deixa de ser uma esfera e se aproxima mais da forma de um *“biscoito de polvilho”*, como mostra a figura a seguir:

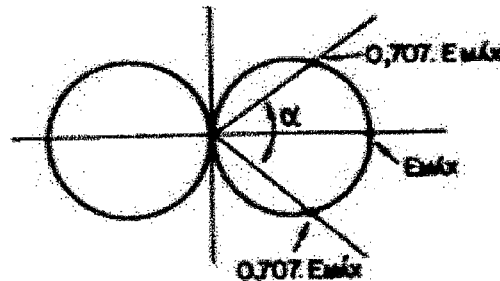


**Fig. 16 – a) Irradiação do Dipolo no Espaço  
b) Diagrama de Irradiação Horizontal  
c) Diagrama de Irradiação Vertical  
(Rádio Transmissão e Recepção)**

Dos cortes do plano horizontal e vertical resultam os Diagramas de Irradiação.

**b) Ângulo de Abertura ou Largura de Feixe**

Pode ser subdividido em Largura de Feixe Horizontal e Vertical, dependendo de qual Diagrama de Irradiação esteja sendo estudado. É o ângulo formado pelos dois campos onde o campo máximo cai a 0,707 de seu valor, isto é, -3dB. Vejamos a representação abaixo:



**Fig. 17 – Ângulo de Abertura ou Largura de Feixe - (Rádio Transmissão e Recepção)**

É claro que, se a antena irradia igualmente em todos os sentidos de um plano, a largura de feixe nesse plano será de 360°.

#### **c) Eficiência**

É a relação entre a Potência realmente Irradiada por uma Antena e a Potência a ela entregue pelo transmissor. Matematicamente, temos:

$$\eta = \frac{P \text{ irradiada}}{P \text{ recebida}}$$

#### **d) Diretividade**

É a relação entre o Campo Irradiado pela Antena em uma determinada direção e o Campo que seria Irradiado por uma Antena Isotrópica que recebesse a mesma potência.

$$D = \frac{E}{E \text{ iso}}$$

#### **e) Ganho**

É o resultado do produto da Eficiência pela Diretividade.

$$G = \eta D$$

**f) Relação Frente-Costa**

É a relação entre a Potência Irrradiada em uma direção predominante e aquela irradiada no mesmo eixo, porém em direção oposta. Normalmente, é expressa em dB pela relação:

$$RFC = 10 \log \frac{PF}{PC}$$

**g) Resistência à Irradiação**

A rigor, uma Antena tem sua impedância dada por uma parcela reativa e outra resistiva. Ocorre que a parcela reativa é, via de regra, desprezível e assumimos a Antena como resistiva.

A resistência de irradiação ( $R_A$ ) é importante para que estabeleçamos o casamento de impedância da Antena com a linha de transmissão e também para que determine a Potência Irrradiada pela Antena:

$$P \text{ irradiada} = R_A \cdot \frac{(I_p)^2}{2}$$

**h) Largura de Faixa**

Em primeiro lugar, não deve ser confundida com a “*Largura de Feixe*”. A Largura de Faixa de uma Antena diz respeito à Faixa de Frequências na qual ela pode operar satisfatoriamente, sem alterar suas características mais importantes, como, por exemplo, a Diretividade.

**i) Potência Recebida**

Se considerarmos uma Antena Transmissora com um Ganho GT e uma Receptora com Ganho GR, quando a Transmissora emitir uma potência PT, a Receptora receberá uma Potência PR, dada por:

$$Pr = \frac{PT \cdot GT \cdot GR \cdot \lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

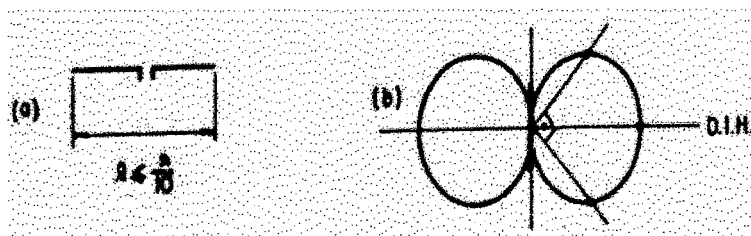
### 3.2.2.2 Tipos de Antenas

#### a) Dipolo

Um Dipolo pode ter uma classificação secundária, segundo o seu trabalho ou a sua apresentação, mas é, basicamente, constituído de duas hastes condutoras, alimentado pelo centro do que vem a ser a antena.

#### b) Dipolo Curto

São Dipolos, cujo o comprimento é aproximadamente 10 vezes menor que o comprimento de onda do sinal a ser transmitido (a). Seu Diagrama de Irradiação Horizontal está descrito na figura abaixo (b) e o Vertical é uma circunferência.



**Fig. 18 – Dipolo Curto - (Rádio Transmissão e Recepção)**

A Largura de Feixe desse tipo de Antena é de 90° e sua Relação Frente-Costa é de 1:1. Sua Resistência de Irradiação pode ser obtida pela equação:

$$RA = 80 \cdot \left[ \frac{\pi \cdot l}{\lambda} \right]^2$$



Esta antena está na faixa de até  $8\Omega$  e seu ganho é de 1,5, podendo ser expresso em dBi, onde o “i” representa a relação com a Antena Isotrópica .

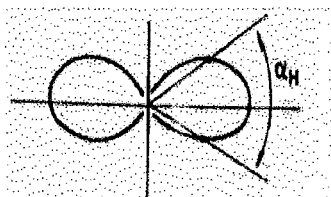
$$G_{dBi} = 10 \log G$$

$$G_{dBi} = 10 \log 1,5$$

$$G_{dBi} = 1,76 \text{ dBi}$$

c) *Dipolo  $\lambda/2$*

Seu comprimento é a metade do comprimento de onda do sinal e seu diagrama de irradiação horizontal é mostrado na figura a seguir e o vertical é uma circunferência.



**Fig. 19 – Diagrama de Irradiação Horizontal do Dipolo de Meia Onda  
(Rádio Transmissão e Recepção)**

A Largura de Feixe é de  $78^\circ$  e a Relação Frente- Costa é de 1:1. A Resistência de Irradiação é de  $73\Omega$  e o ganho é de 1,64 (2,15 dBi).

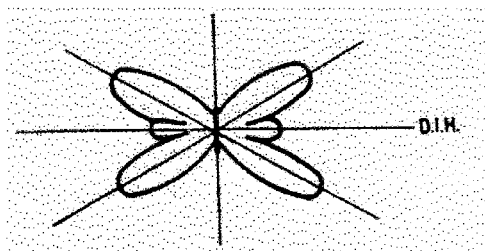
Experimentos práticos permitem afirmar que um Dipolo de Meia Onda será absolutamente resistivo se usarmos um comprimento efetivo 5% menor que  $\lambda/2$ , ou seja,  $l = 0,475 \lambda$ . Neste caso, a impedância, ou resistência de irradiação, deve cair para, aproximadamente,  $65\Omega$ .

d) *Dipolo  $\lambda$*

Tem o comprimento físico igual ao de onda e seu Diagrama de Irradiação Horizontal é, praticamente, o mesmo da figura anterior, porém com a Largura de Feixe ligeiramente menor. A Resistência de Irradiação desse tipo de antena é de aproximadamente  $200\Omega$  e seu Ganho pode chegar a 3,8 dBi.

**e) Dipolo  $3\lambda/2$**

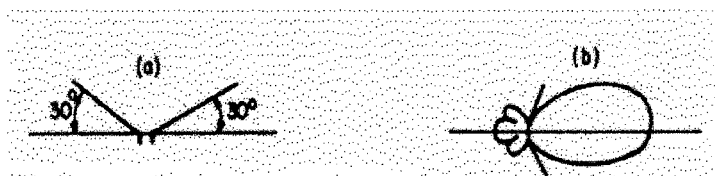
Seu comprimento é uma vez e meia o comprimento de onda do sinal irradiado.



**Fig. 20 – Diagrama do Dipolo de  $3\lambda/2$  - (Rádio Transmissão e Recepção)**

A Resistência de Irradiação deste Dipolo é de aproximadamente  $100\Omega$ , mas sua aplicação prática não é muito vasta, pois como podemos observar no diagrama, os lóbulos secundários são muito pronunciados.

A forma mais usual para este tipo de Dipolo é a sua forma “Cônica”, ou em “V”, quando o diagrama de irradiação assume a forma vista em 21 (b):



**Fig. 21 – a) Antena em “V”  
b) Diagrama de Irradiação Horizontal  
(Rádio Transmissão e Recepção)**

Essa providência de inclinar as varetas do Dipolo aumenta tanto a sua Relação Frente-Costa quanto a sua Largura de Faixa, no entanto a Largura de Feixe cai em relação aos outros Dipolos.

**f) Dipolo Dobrado**

É um Dipolo de Meia Onda que apresenta, praticamente, todas as características iguais a do Dipolo, menos a Resistência de Irradiação que passa a ser dada por:

$$RA = 73 (1+N)^2$$

Onde, N é o número de dobras introduzidas no Dipolo, não passando, na prática, de dois.

A principal vantagem do Dipolo Dobrado é a existência de um terra virtual no condutor adicional, que facilita a colocação do mastro suporte da Antena e do aterramento para a descarga estática.

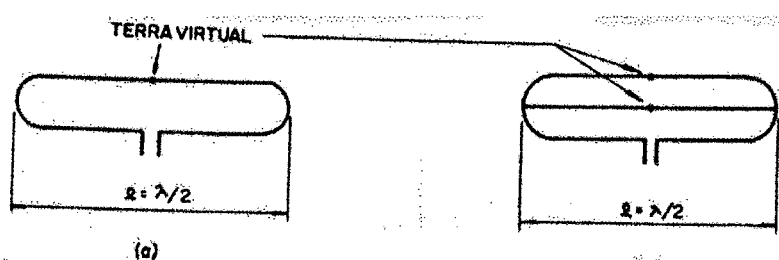


Fig. 22 – Dipolo Dobrado - (Rádio Transmissão e Recepção)

### g) Antena Yagi-Uda

Utiliza os elementos parasitas denominados “Refletores” e “Diretores”, cuja função específica é aumentar o Ganho e a Relação Frente-Costa, diminuindo a Largura de Feixe. O Refletor é colocado atrás do Dipolo principal, funcionando como atenuador das ondas incidentes pelas costas e os Diretores são colocados à frente do Dipolo, distanciados de tal modo, de forma a somar as fases dos campos, aumentando a Diretividade da Antena.

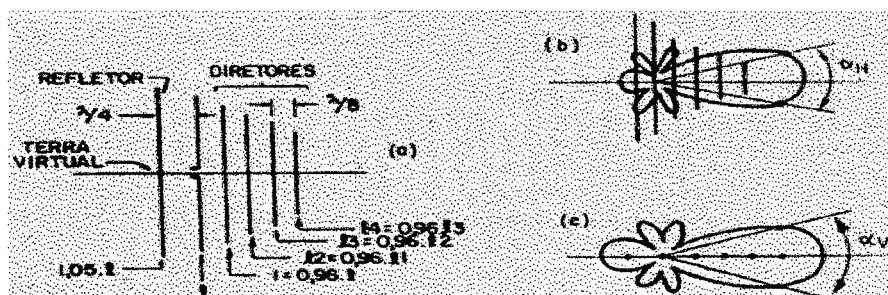


Fig. 23 – Antena Yagi-Uda – a) Constituição da Yagi-Uda

b) Diagrama de Irradiação Horizontal

c) Diagrama de Irradiação Vertical

(Rádio Transmissão e Recepção)

Uma possibilidade de aumentar o Ganho e diminuir a Largura de Feixe, é associar duas Antenas Yagi, podendo ser feita de duas maneiras:

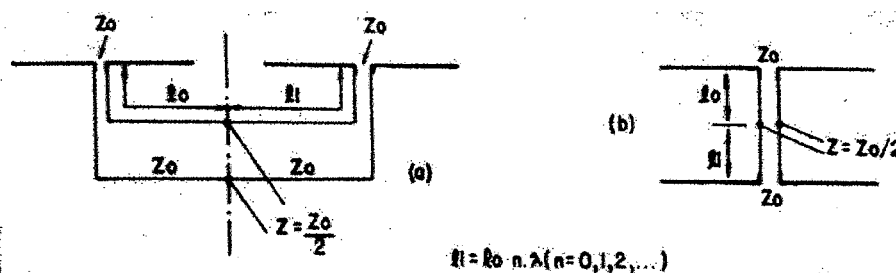


Fig. 24 – a) Associação de Antenas Lado a Lado  
b) Associação de Antenas Empilhadas  
(Rádio Transmissão e Recepção)

#### h) Antena Marconi

Este tipo de Antena, também chamado “*Monopolo*”, nada mais é que um Dipolo, onde uma das varetas foi aterrada, como mostra a figura. Como a Terra comporta-se como um condutor de razoável eficiência, a haste vertical descoberta passa a ter sua imagem “*refletida*” no solo e o Monopolo passa a se comportar como um Dipolo, sendo suficiente para alimentá-lo colocar um dos condutores da linha de transmissão na Terra.

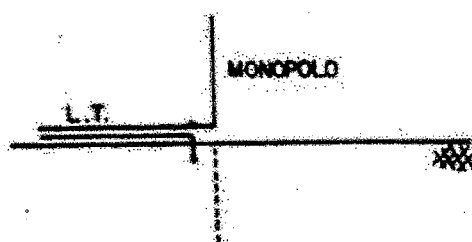
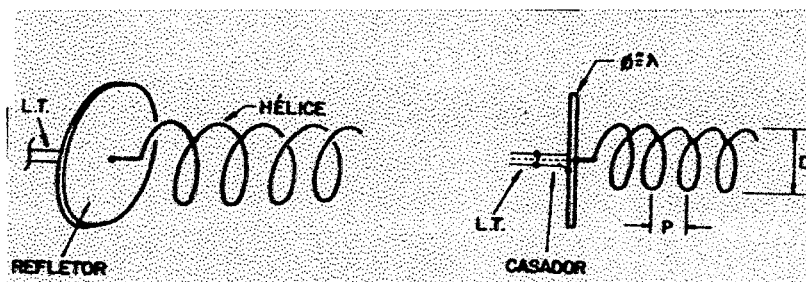


Fig. 25 – Antena Marconi - (Rádio Transmissão e Recepção)

É possível a aplicação da Antena Marconi para equivalência com qualquer tipo de Dipolo, porém o mais utilizado é o tipo correspondente ao Dipolo de Meia Onda, conhecido como “*Monopolo de um quarto de onda*”.

#### i) Antena Helicoidal

Este tipo de Antena é particularmente utilizado para transmissão na faixa de UHF e seu aspecto físico é o seguinte:



**Fig. 26 – Antena Helicoidal - (Rádio Transmissão e Recepção)**

Para que este tipo de Antena tenha o lóbulo principal do Diagrama de Irradiação na direção do avanço da hélice, é necessário que o passo “*p*” da hélice seja de aproximadamente  $\lambda/4$  e o diâmetro “*D*” da hélice esteja em torno de  $\lambda/3$ . Se as dimensões diminuïrem, o lóbulo principal desloca-se para uma direção que tende a ser perpendicular ao avanço da hélice.

A Resistência de irradiação deste tipo de antena é de aproximadamente  $150\Omega$  e a Diretividade e a Largura de Feixe são proporcionais ao número de espiras da hélice.

$$D \text{ (dB)} = 10 \log 4N$$

$$\alpha_v \cong \alpha_h \cong \frac{100}{\sqrt{N}}$$

*N* = número de espiras da hélice

A polarização das Antenas Helicoidais é dita Circular, pois os campos elétricos e magnéticos têm sua direção variando circularmente com o avanço da hélice. A polarização será circular à direita se um observador, posicionado atrás do disco refletor, enxergar a hélice avançando para a direita, ou no sentido horário, caso contrário, será circular à esquerda.

A quantidade normal de espiras neste tipo de Antena varia em torno de 6 (seis) a 8 (oito), podendo o aumento excessivo dessas espiras ocasionar uma brusca queda de impedância, além das alterações previsíveis na Diretividade e na Largura de Feixe.

### 3.2.3 Propagação de Ondas

Uma carga elétrica em movimento, devido a uma diferença de potencial, provoca um campo elétrico variável nas suas vizinhanças. Se nas proximidades dessa carga causadora do campo elétrico existir uma outra carga elétrica, esta sentirá os efeitos do campo e movimentar-se-á segundo ele. Chamamos isso de ***“Propagação de um Campo Elétrico Variável”***.

Não podemos esquecer, porém, que cargas elétricas em movimento provocam uma corrente elétrica e a Física afirma que todo condutor percorrido por corrente elétrica cria ao seu redor um campo magnético. As linhas de campo magnético podem, perfeitamente, induzir a circulação de corrente elétrica em um condutor separado fisicamente daquele causador do campo. Chamamos a isso de ***“Propagação de um Campo Magnético Variável”***.

Como é impossível separarmos a existência do campo elétrico e magnético, pois ambos são causados por cargas em movimento, devemos tratar da Propagação de Ondas chamando-as ***“eletromagnéticas”***, pois o campo elétrico e o campo magnético caminham em conjunto, no espaço.

A Velocidade de Propagação da onda eletromagnética no vácuo corresponde à própria velocidade da luz e a relação entre a velocidade (  $c$  ), o comprimento de onda (  $\lambda$  ) associado à onda e a frequência da onda é:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Para um outro meio qualquer, que não o vácuo, a velocidade da onda eletromagnética irá diminuir, logo teremos:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

A propagação da onda eletromagnética se dá de uma forma tal que a direção de propagação do vetor campo elétrico seja sempre perpendicular à do campo magnético.

O comprimento de onda é definido como a distância percorrida pela onda eletromagnética, onde o valor instantâneo do campo elétrico ou do campo magnético volte a

se repetir. Justamente por isso, a distribuição de tensão e corrente em uma Antena está intimamente ligada às suas dimensões físicas em relação ao comprimento de onda do sinal que se deseja transmitir.

A restrição imposta pela onda eletromagnética é que os campos elétricos e magnéticos sejam perpendiculares, mas isto não define quem é paralelo em relação à superfície da Terra. Isto é definido como “Polarização da Onda Eletromagnética” e assume-se a polarização como a posição do campo elétrico em relação à superfície da Terra. Assim, uma onda polarizada verticalmente tem seu campo elétrico vertical em relação à superfície, o mesmo ocorrendo com a onda polarizada horizontalmente.

### 3.2.3.1 Tipos de Propagação

Em função da faixa de frequências a ser transmitida, podemos dividir os tipos de propagação em três grandes grupos:

#### *a) Ondas Terrestres*

Aqui a superfície da Terra se comporta como um condutor para a onda eletromagnética.

A Onda Terrestre aproveita a condutividade da superfície terrestre para se propagar, dando excelentes resultados, tanto em termos de penetração na superfície ou nos oceanos, para comunicação submarina ou sonares, como também em propagação superficial para a faixa de frequências de 30 KHz a 3MHz (LF e MF).

A radiofusão comercial de AM encontra-se neste tipo de propagação e é por isso que seu alcance é limitado a algumas poucas centenas de quilômetros, sendo este alcance função da umidade do solo, podendo aumentar sua condutividade, e da potência do transmissor, que pode atingir alcance máximo com aproximadamente 100 KW.

#### *b) Ondas Espaciais*

O princípio da propagação encontra-se na reflexão da onda nas camadas Ionosféricas.

Esta onda aproveita a constituição da atmosfera terrestre para efetuar a propagação, principalmente na Ionosfera. Para frequências na faixa de VLF (3KHz a 30 KHz) a constituição da Ionosfera se comporta como um espelho para a incidência de ondas eletromagnéticas, refletindo-as de forma praticamente perfeita.

Para frequências na faixa de HF (3MHz a 30 MHz) , a Ionosfera volta a ser utilizada, porém não mais para a reflexão e, sim, para a refração da onda. Como as camadas superiores da Ionosfera sofrem ação direta dos raios solares, seus índices de refração vão variando gradualmente e a onda sofre refrações sucessivas até retornar para a Terra.

Como na faixa de HF ainda persistem, principalmente nas regiões próximas à antena transmissora, as ondas terrestres e as ondas ionosféricas por refração só aparecem uma boa distância depois. Cria-se uma “Região de Silêncio” entre o final da onda terrestre e o início da onda ionosférica.

Dois fatos diferentes podem ocorrer: Para uma determinada frequência, em função do ângulo de incidência da onda na troposfera, existe um ângulo limite para essa penetração, a partir daí, a informação é perdida; ou, para um determinado ângulo de incidência, existirá uma frequência crítica, a partir da qual a onda é percebida. A comunicação em frequências superiores à crítica são, normalmente, realizadas em linha de visada.

### *c) Ondas em Visada Direta*

A propagação se dá como um fecho de luz, apenas em linha reta, sujeita aos fenômenos de reflexão, difração e absorção em obstáculos.

Acima de 30 MHz, as ondas terrestre são totalmente ineficientes e as ondas ionosféricas já tiveram sua frequência crítica superada. Assim, o tipo de propagação para esta faixa de frequências é o de Visada Direta, onde Antena Transmissora e Antena Receptora devem encontrar-se na mesma linha do horizonte, sem obstáculos se interpondo entre elas.

Isso, na verdade, só é usado em transmissão de microondas, onde a confiabilidade deve ser o ponto alto do sistema. Já a radiodifusão comercial de FM e a transmissão dos sinais



de televisão, que também se encontram nesta faixa, aproveitam os fenômenos da reflexão e da difração da onda transmitida em obstáculos, para realizar a recepção.

### 3.3 A COMUNICAÇÃO VIA RÁDIO

Historicamente, as facilidades de transmissão de sistemas de comunicações têm utilizado linhas condutoras e circuitos a fio. Os radiocircuitos, usando a atmosfera como meio de propagação, surgiram somente após G. Marconi haver demonstrado a capacidade global desse meio, para propagação em alta frequência (HF) entre 3 e 30 MHz.

Se quisermos cobrir o globo com o modo de propagação HF, devemos atentar para a relação das ondas nas camadas ionizadas na parte superior da atmosfera, a Ionosfera, que é produzida pelas irradiações provenientes de fontes extraterrestres. Infelizmente a Ionosfera é um meio muito instável, com sua estrutura variando bastante, o que motiva sérios danos quando da propagação em HF, ficando os circuitos, destarte, sujeitos às condições ionosféricas, o que reduz a viabilidade de cobrir grandes distâncias. Além disso, há ainda o ruído atmosférico, gerado por chuvas elétricas e que se propaga pelo modo ionosférico ao redor do globo, representando, assim, mais um fator prejudicial ao emprego deste tipo de mecanismo. Por outro lado, o espectro de frequências inerentes a este modo tem suas próprias limitações inferiores a 30 MHz. Conclui-se que o uso de faixas idênticas em áreas distintas, depende de rígidas regulamentações internacionais.

Conforme progressos alcançados com os avanços tecnológicos ao longo dos anos 30, desenvolveram-se os tipos de circuitos e componentes para altas frequências, de 30 a 10.000 MHz e as primeiras experiências com tais frequências indicaram vantagens distintas no uso de HF.

Quando estamos tratando de características e uso de VHF (30 a 300 MHz), UHF (300 a 3000 MHz) e frequências mais elevadas (microondas), podemos registrar o seguinte:

*— O ruído atmosférico decresce conforme aumenta a frequência de operação, atingindo os limites inerentes ao ruído térmico para os circuitos de rádio por fios, com frequência acima de 100 MHz;*

*\_ A propagação não é afetada pela Ionosfera, ao contrário, tudo se passa na camada mais inferior da atmosfera (Troposfera), devido ao fato desta ser bem mais estável, sendo afetada apenas por fatores meteorológicos, tais como pressão, temperatura, turbulências e estratificação da atmosfera;*

*\_ A propagação atinge percursos quase ópticos-retos, conforme a frequência operacional aumenta de tal maneira que a mesma frequência poderá ser utilizada em diversos enlaces, desde que não estejam dentro de outro enlace óptico;*

*\_ O espectro de frequência é cerca de 1000 vezes mais extenso que o atribuído ao HF;*

*\_ A Largura de Faixa associada aos procedimentos de modulação é cerca de 1.000 vezes superior, quando comparadas com as de HF. Este procedimento torna viável a transmissão de sinais com bandas largas, tais como os de TV e de tráfego associado a diversos canais;*

*\_ Existe uma única restrição a ser feita que é quanto à operação em visibilidade com difração limitada sobre a Terra, limitando o intervalo em 20 ou 40 milhas, dependendo da topologia do terreno empregado.*

### **3.3.1 Fatores Básicos de Propagação em Espaço Livre**

#### **3.3.1.1 Espaço Livre**

Os parâmetros que governam a propagação em visibilidade são basicamente os mesmos que regem a propagação em espaço livre. Com um gerador de ondas eletromagnéticas em " $T$ ", com frequências na faixa de rádio e com a irradiação uniformemente distribuída em todas as direções, esta fonte será denominada "**Irradiador Isotrópico**". Suponhamos que a fonte mencionada apresente uma potência de transmissão " $P_i$ ", ocorrerá, então, uma densidade de potência " $S$ " a uma distância " $d$ " dessa fonte, tornando a seguinte relação verdadeira:

$$S = \frac{P_i}{4\pi d^2}$$

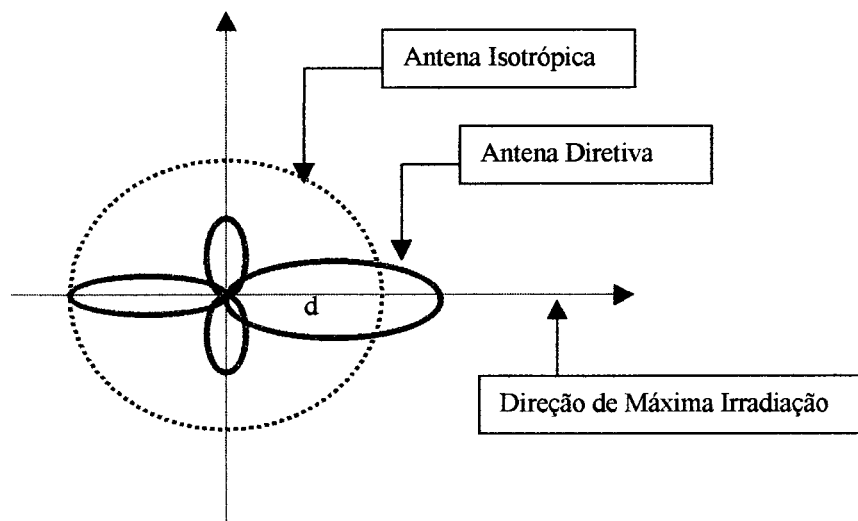


Fig. 27 - Ganho de uma Antena Diretiva

Onde " $S$ " é o Vetor de Poynting, densidade de irradiação (Watts/m<sup>2</sup>). O vetor " $S$ " que indica o fluxo de potência por unidade de área é perpendicular a uma superfície esférica com diâmetro " $d$ " e com centro na fonte irradiadora " $T$ ". Caso haja uma outra antena em qualquer parte da área mencionada e com área efetiva (área de abertura) " $A_r$ ", a potência captada por esta última antena será:

$$P_r = P_t \frac{A_r}{4\pi d^2}$$

Portanto, o fator denominado *Atenuação* entre uma Antena Isotrópica Transmissora e uma Receptora de abertura " $A_r$ ", poderá ser determinada da seguinte maneira:

$$10 \log \frac{P_r}{P_t} = 10 \log \frac{A_r}{4\pi d^2}$$

O significado físico desta última equação pode ser obtido por intermédio de determinados fatores geométricos simples, tais como a razão entre a área superficial total da esfera de rádio " $d$ " e a área efetiva " $A_r$ ", da antena receptora, etc.

A Densidade de Irradiação associada a uma antena transmissora bem diretiva " $S_d$ ", aumentará de acordo com o ganho " $G_t$ " da antena, segundo a direção da máxima irradiação, de acordo com a seguinte equação:

$$S_d = G_t S$$

Portanto, as perdas básicas entre duas antenas diretivas que estejam colocadas no espaço livre serão:

$$\text{Perdas de Percurso em Espaço Livre} = 10 \log_{10} \frac{4\pi d^2}{G_t A_r}$$

Se recordarmos os fundamentos teóricos do Eletromagnetismo, poderemos obter o seguinte relacionamento para uma antena arbitrária e com razão constante entre o Ganho " $G$ " e a Área efetiva " $A_r$ ":

$$\underline{G} = \frac{4\pi}{A} = \text{constante}$$

Onde A = Área Efetiva da Antena

### 3.3.1.2 Enlaces Radioelétricos em Visibilidade

Na propagação de ondas eletromagnéticas sobre a superfície da Terra, há dois tipos fundamentais de percursos possíveis para o fluxo de energia entre dois pontos quaisquer " $T$ " e " $R$ ", se desprezarmos, momentaneamente, os efeitos exercidos pela atmosfera. Um destes percursos é absolutamente direto entre " $T$ " e " $R$ ", ligando-os, portanto, em visibilidade e segundo uma distância reta " $d_1$ ". O outro percurso é associado à reflexão da onda eletromagnética sobre a superfície da Terra, compreendendo uma distância global " $d_2$ ". Quando ocorrem certos valores para a diferença entre " $d_1$ " e " $d_2$ ", haverá cancelamento do sinal recebido em " $R$ ", sendo registrado "*Nível Nulo*", ou "*perto de zero*", dependendo do "*Coefficiente de Reflexão*". Se a distância " $d_1$ " apresentar valor fixo, a variação relativa à altura da antena produzirá, de maneira ideal, certa alteração na potência recebida, de acordo com a curva *altura-ganho*.

### 3.3.1.3 Flutuações Atmosféricas

A influência das Flutuações Atmosféricas sobre a Propagação em Visibilidade compreende três categorias, a saber:

- a) Alterações no gradiente médio do índice de refração produzem deslocamentos para cima e para baixo, no valor máximo e mínimo, correspondendo às variações ocorridas na altura da antena;*
- b) As reflexões devidas à estratificação horizontal da Troposfera produzem efeitos denominados "Multipercursos" que se associam, também, às descontinuidades inerentes ao índice de refração;*
- c) Absorção atmosférica devida a gotas de chuva, vapor d'água e oxigênio molecular.*

O primeiro caso geralmente produz pequenas variações, dependendo fundamentalmente da umidade, pressão barométrica e distribuição da temperatura com altura. A segunda influência quase sempre resulta em flutuações rápidas do sinal composto recebido (em termos de potência), sendo determinada, basicamente, pela existência e movimento das camadas horizontais, bem como pelas chamadas turbulências atmosféricas, que produzem flutuações no sinal recebido.

### 3.3.1.4 Espalhamento Troposférico

Por volta de 1940, obtiveram-se amostras quanto aos efeitos do espalhamento devido a turbulências e outros fenômenos, conhecidos como Espalhamento Troposférico. Tais amostras comprovam que é sempre possível estender os limites de um enlace de rádio, até o horizonte óptico, desde que as seguintes condições sejam atendidas:

- a) Potência de Transmissão apreciavelmente mais elevada (até 10 KW);*
- b) Antenas de dimensões maiores (até 120 pés de diâmetro); e*
- c) Largura de Faixa mais estreita para a modulação.*

Este modo de propagação é denominado "*Além do Horizonte*" ou "*Modo de Tropodifusão*". É sempre possível intertrocar os três fatores acima mencionados, de modo que possam cobrir extensões de até 600 milhas, para as larguras de faixa de até 100 KHz/s, ou de 100 milhas, para as bandas de até 2 MHz/s.

### 3.3.1.5 Repetidoras para Satélites

Se considerarmos tudo o que já foi visto até agora acerca dos diversos fatores relacionados com a propagação, nos parece claro que um satélite para comunicação que orbite ao redor da Terra representa uma Repetidora, para enlaces diretos, de um tipo altamente especializado, permitindo, destarte, a extensão dos princípios inerentes aos enlaces em visibilidade para grandes distâncias (5.000 a 8.000 milhas), dependendo da altitude do satélite. As considerações do projeto deverão seguir os mesmos procedimentos, exceto que a propagação em espaço livre será preservada, sendo a absorção atmosférica o único fator diferente também considerado.

### 3.3.1.6 Planejamento em Potência e Níveis de Ruído

O planejamento de um enlace, considerando a Potência e Níveis de Ruído, pode ser desenvolvido melhor se for feito em termos de diagramas de níveis entre transmissor e receptor. Em acréscimo a um determinado aumento na potência de transmissão e no ganho da antena, pode-se conseguir uma certa melhoria na relação sinal/ruído global, desde que se empreguem métodos de modulação em banda larga, o que permitirá uma troca de fatores, entre largura de faixa e potência, tal como a que ocorre em FM, PPM ou PCM.

## 3.3.2 Comparação com Outros Meios de Transmissão

De maneira a ser possível realizar escolhas adequadas relativamente aos vários tipos de meios de transmissão, deve-se comparar todos eles, de acordo com os seguintes parâmetros:

\_ *Rendimento;*

\_ *Confiabilidade;*

– *Custos Iniciais e Custos Anuais da Operação.*

Quanto ao Rendimento, podemos afirmar que os circuitos de rádio apresentam características bastante parecidas com os dos fios. O Fator de Limitação é o *Ruído Térmico*, para ambos os casos, aumentando a *Atenuação* conforme cresce a *Distância*. O meio "Rádio" não é assim tão estável como os circuitos via cabeamento, por esse motivo, o primeiro necessita de um determinado tipo de projeto coerente com a confiabilidade estatística dos serviços, determinada pela variação estatística das perdas no percurso. Os circuitos via fios abertos também ficam sujeitos a certas flutuações devidas às condições climáticas e de produção, dependendo das distâncias, sendo até mesmo possível proceder-se a certas comparações com as flutuações inerentes às perdas, relativamente aos circuitos via rádio.

Para circuitos em Visibilidade, há possibilidade de Bandas Base (comparáveis em largura de faixa aos melhores cabos coaxiais) com equalização adequada, fato este claramente provado pela Bell System que em 1963 utilizava um total de 63.100 milhas de rotas em microondas.

Percebemos, então, que uma comparação entre os diversos meios de transmissão, nos mostra que, quanto ao *Rendimento*, os Circuitos via Rádio são de todo equivalentes aos Circuitos via Fios ou Cabos, isto quanto à qualidade, troncos de longo alcance e aplicações especiais determinadas por certas qualidades industriais. Do ponto de vista *Econômico*, os Circuitos via Rádio são usualmente mais vantajosos para distâncias superiores entre 10 a 30 milhas e capacidades maiores que 10 a 60 canais de voz. Os parâmetros exatos para determinação das dependências em distância e capacidade, baseiam-se em certas condições específicas, incluindo as aparelhagens de cada lance. Por outro lado, estes parâmetros devem ser avaliados para cada uso específico requerido. Em acréscimo, os Circuitos de Rádio apresentam a capacidade de permitirem enlaces com base em veículos por determinados períodos de tempo. Outrossim, os Circuitos por Cabos ou Fios não permitem esta classe de serviço tão facilmente como os circuitos via rádio. Em "*nós*", pontos onde se conjugam várias ligações, altamente congestionados, poderá ocorrer de o espectro de frequência disponível ser insuficiente, devendo-se então indicar certos enlaces via cabo complementares, de modo a ser possível carregar o tráfego, do ponto de congestionamento até a periferia, por intermédio de cabos.

### 3.3.3 Confiabilidade e Manutenção

Um sistema com visada direta via rádio deve sofrer manutenção sistemática, de modo a minimizar as perdas de chegada inerentes às falhas no tráfego, bem como manter o nível de consumo bem baixo, relativamente ao sistema como um todo. Um ponto básico diz respeito à manutenção da “Confiabilidade”, da qual veremos alguns aspectos nos parágrafos seguintes.

Projetista e Operador, ambos devem dividir entre si as responsabilidades para o alcance de uma alta Confiabilidade Operacional. Suponhamos que o Projetista de Equipamento tomou todas as precauções adequadas, de modo a poder assegurar uma quantidade mínima de falhas nos equipamentos. Por exemplo, todas as unidades devem ser projetadas com prevenções capazes de assegurar fácil manutenção, embora os componentes que apresentem maiores probabilidades de falhar sejam exatamente os de mais fácil acesso: um projeto considerado ideal deve agrupar componentes que apresentem modo de falhar similares.

O Operador de um determinado sistema deverá ter a responsabilidade de providenciar confiabilidade operacional elevada, desde a época de início de operação do sistema. Para a certeza de que um sistema seja completa e perfeitamente elaborado, sob o ponto de vista da engenharia, deve-se assegurar uma operacionalidade bastante confiável, para a capacidade completa dos canais, sob todas as condições possíveis, quanto à propagação e aos dispositivos. É bom deixar claro que não há nenhuma chance de se compensar as perdas devidas a planificações erradas de sistemas quanto à manutenção. Estes erros podem ser, por exemplo, localização impróprias de estações ou excessivo espaçamento entre os pontos de trânsito. Um detalhe considerado, atualmente, como um importante desempenho das modernas planificações, buscando extensões para sistemas via rádio, inclui detecção automática de falhas, bem como execução semelhante de relatórios e também chaveamento automático para equipamentos reserva (standby), programados para operar quando ocorrem falhas nas bases correspondentes às suas funções.

O Operador do sistema deverá optar entre duas categorias de manutenção: A Preventiva e a Corretiva. A manutenção Preventiva extraordinária pode ser tão prejudicial quanto a manutenção escassa, portanto deve-se sempre estabelecer, antes de tudo, uma programação adequada para a manutenção a ser realizada, isto ainda nos estágios que precedem a operação. Pode-se dizer que uma certa quantidade de manutenção Preventiva é



algo sempre cabível e desejado, desde que isso ocorra sob a forma de inspeções rotineiras e gravações sistemáticas, bem como revisões quanto as leituras selecionadas dos medidores. Estes procedimentos auxiliam bastante na prevenção de períodos próximos ao “*fim de vida*” dos equipamentos, servindo, ainda, como meio auxiliar para treinamento contínuo dos procedimentos ligados a testes rápidos e correções de problemas nos equipamentos.

A manutenção Preventiva consiste em localizar falhas, diagnosticar suas causas e corrigi-las, de tal maneira que haja o mínimo de intervenções sobre os serviços de comunicações antes da ocorrência de um corte específico. Dentre os fatores mencionados, a correção de falhas é, sem dúvida, o ponto menos problemático, no que tange ao sistema usando visibilidade e via rádio, especialmente para estações remotas e sem atendentes.

Uma manutenção eficaz requer o estabelecimento de uma organização eficiente quanto aos seu passos. Para sistemas de grandes dimensões, este fato certamente envolverá a designação de diversos centros de manutenção que terão sua quantidade e localização determinadas em função das taxas de confiabilidade inerentes ao sistema, bem como da disponibilidade e capacidade técnica de pessoal hábil e especializado, existência de um Centro para treinamento, além de alguns fatores geográficos e econômicos. Para sistemas de grandes dimensões, a prática usual quase sempre consiste em realizar apenas alguns reparos menores, relativamente aos pontos remotos. O pessoal destinado às operações em campo, geralmente carrega consigo equipamentos de testes apenas suficientes para localização dos problemas, além de unidades sobressalentes, para substituir as peças defeituosas. As unidades causadoras de falhas são então levadas para um centro de reparos. Para que tais operações sejam executadas com total eficiência, uma organização de manutenção deve estar equipada com veículos adequados e comunicações internas, incluindo cabeamento local e externo, bem como serviço móvel de rádio para conectar estações intermediárias e de base com os veículos de reparo.

As falhas em tráfego podem ser atribuídas, de um modo geral, a três categorias básicas de falhas: Perdas de sinal, Falhas em Equipamentos Eletrônicos e Falha no Fornecimento de Energia. Estas falhas se inter-relacionam, podendo, entretanto, ser tratadas em separado, de modo conveniente e obedecendo a certos limites.

### **3.3.4 Custos Típicos**

Dentre as considerações mais importantes quanto ao planejamento das facilidades de transmissão, estão os custos relativos à colocação destas em operação (custos iniciais de instalação) e os custos associados à manutenção do serviço (custos anuais). O primeiro fator inclui, geralmente, gastos com equipamentos, instalações e testes de aceitação. Estes testes consistem na capitalização dos custos iniciais (depreciação e substituição), mais operação e manutenção.

### 3.3.5 Seleção de Locais e Trajetos

Uma boa instalação de sistemas via rádio requer diversas considerações quanto à seleção apropriada de locais e de determinação dos trajetos físicos, embora, nos países desenvolvidos, haja mapas topográficos precisos, porém os mesmos não estão disponíveis para boa parte do globo. Para o planejamento inicial, esses mapas servem a contento, entretanto é sempre maior a quantidade de engenheiros que preferem a facilidade das “*fotos aéreas*”, ou, ainda, as medidas das elevações a partir de “*estereofotogrametria*”, esta última apresenta grande precisão com certas características quanto à velocidade e economia.

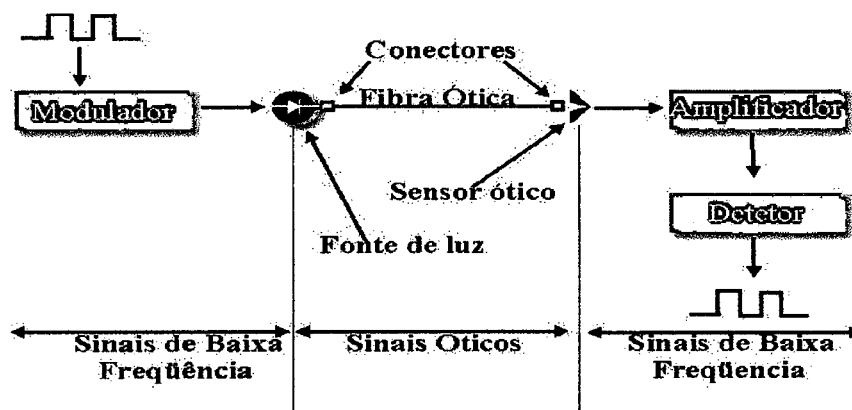
## 3.4 MEIOS AVANÇADOS DE COMUNICAÇÃO

Agora é hora de falarmos um pouco sobre os “*Meios Avançados de Comunicação*” responsáveis pela transmissão. Consideraremos as “*fibras ópticas*”, “*o rádio móvel*” e o “*satélite*”, devido a importância destes no ambiente de Telecomunicações.

### 3.4.1 Fibras Ópticas

Em se tratando das Fibras Ópticas, uma transmissão será realizada pelo envio de um sinal luminoso codificado, dentro do domínio de frequência do infravermelho, através de um cabo óptico, que consiste em um filamento de sílica ou plástico, por onde é feita a transmissão da luz. Ao redor do filamento existem outras substâncias de menor “Índice de Refração” (razão entre a velocidade da luz nessas substâncias e a velocidade da luz no vácuo) que fazem com que os raios sejam refletidos internamente, minimizando, assim, as perdas de transmissão. Atualmente existem três tipos de fibras ópticas: as multimodos degrau, as multimodo com índice gradual e as monomodo.

Os sistemas baseados em fibras ópticas se apresentam de acordo com a figura abaixo:



**Fig. 28 – Sistema Baseado em Fibra Óptica – (Redes de Computadores – Das Lans, Mans e Wans às Redes ATM)**

As fontes transmissoras de luz podem ser Diodos Emissores de Luz (LED's) ou Laser Semicondutores, sendo que estes são preferidos por serem mais eficientes em termos de potência e devido a sua menor largura espectral, que reduz os efeitos da dispersão na fibra. Os Diodos Emissores de Luz são, por outro lado, mais baratos, além de se acomodarem melhor à temperatura ambiente e terem um ciclo de vida maior do que o Laser.

As Fibras Ópticas são imunes a interferências eletromagnéticas e a ruídos e, por não irradiarem luz para fora do cabo, não se verifica o fenômeno de “*Crosstalk*”. As Fibras Ópticas permitem um isolamento completo entre o Transmissor e o Receptor, fazendo com que o perigo de curto entre os condutores não exista.

A composição da fibra é fator determinante na sua atenuação que pode ser causada pela dispersão ou absorção da luz, por elementos presentes no núcleo. Em linhas de longa distância utilizadas pelas companhias telefônicas, as distâncias alcançadas, sem o uso de repetidoras, chegam a aproximadamente 50 Km.

Se compararmos as fibras Ópticas com os Cabos Coaxiais, veremos que elas são mais finas e mais leves, facilitando bastante sua instalação. Essas fibras são hoje utilizadas em sistemas com taxa de transmissão que chegam a 150 e a 620 Mbps, numa única fibra unidirecional. É claro que algumas limitações ainda são verificadas. Um exemplo disto, é a junção das fibras que ainda se constitui em uma tarefa bastante delicada, principalmente em se

tratando de ligações multiponto. A instalação de Fibras Ópticas em determinados ambientes pode requerer a dobra da mesma, as quais podem tornar o ângulo de incidência dos feixes em relação à normal muito pequeno, provocando o escape desses feixes da fibra, pois eles não chegarão a sofrer reflexão.

#### 3.4.1.1 Vantagens

- a) *Imunidade à interferência eletromagnética e potencial de terra. A fibra é composta por material dielétrico e não é afetada por descargas elétricas atmosféricas e outras fontes de ruídos;*
- b) *Banda passante muito maior em relação aos demais meios de transmissão. Capacidade muito maior que a do sistema rádio;*
- c) *Alta confiabilidade. Variação mínima dos seus parâmetros pouco afetados pelo meio externo. Separação maior entre as repetidoras, diminuindo o número de pontos de falha;*
- d) *Altas taxas de transmissão, 140Mbits, 565Mbists, 622Mbits, etc;*
- e) *Segurança. Alto grau de segurança quanto à informação transportada. Não conduz energia elétrica, não centelha, não provoca curto circuito e não é inflamável. A infraestrutura a ser utilizada também é muito segura;*
- f) *Desregulamentação. O uso da fibra não depende da liberação do espectro de frequências e autorização do Ministério;*
- g) *Facilidade de derivação da rota. A fibra permite o acesso para atendimento de diversas localidades ao longo da rota, notadamente para o caso de expansão;*
- h) *É uma solução de curto, médio e longo prazo. Pela sua capacidade, o sistema óptico poderá atender atual e futuramente, bastando trocar os equipamentos terminais, nos casos de ampliação da capacidade, com rapidez e facilidade;*

- i) Eliminação de repetidoras de altos custo de implantação e posterior operação, para o caso do rádio, com todos os acessórios de infra-estrutura, torres, vias de acesso, terrenos, edificações, sistema irradiante, pressurização, climatização, segurança, energia, cabos etc;*
- j) Regeneração em longas distâncias (200 Km);*
- k) Menor número de pontos críticos de operação, manutenção e supervisão;*
- l) Custo menor para distâncias acima de 100 Km e a altas taxas de transmissão;*
- m) Maior vida útil dos cabos, em torno de 40 anos;*
- n) Eliminação de torres dentro das cidades, locais de espectro congestionado, com os problemas decorrentes de interferência, além do problema de interferir no gabarito de prédios e zona de proteção de aeroportos, quase sempre perto das cidades;*
- o) Menor consumo dos equipamentos terminais; e*
- p) Recuperação rápida de interrupção por quebra do cabo (provisória ou definitiva).*

#### 3.4.1.2 Desvantagens

- a) Quando enterrado, está sujeito a interrupção por corte acidentais;*
- b) Necessidade de desapropriação de terrenos para passagem da fibra;*
- c) Quando instalado nas linhas de alta tensão, tem a necessidade de equipe mista para fazer manutenção (equipe de linhas de alta tensão e equipe de telecomunicações); e*
- d) Dificuldade de lançamento em terrenos acidentados ou de solo duro.*

#### 3.4.2 Rádio Móvel

Outro canal de comunicação que nos é muito familiar é o Radio Móvel que estendem a capacidade das redes de comunicação públicas através da introdução da “*mobilidade*” nas redes, devido à retidão de sua habilidade em radiofusão.

O termo “*Rádio Móvel*” é usualmente empregado em situações terrestres, onde o transmissor ou o receptor de rádio é capaz de entrar em movimento.

Em um ambiente de Rádio Móvel fala-se do fenômeno de “*Multicaminhos*”, no qual as diversas ondas de rádio que chegam atingem seu destino por diferentes direções e com diferentes intervalos de tempo. Pode haver inúmeros caminhos de propagação com diferentes comprimentos e sua contribuição para o sinal recebido poderá se combinar de várias formas. Conseqüentemente, a resistência do sinal recebido varia com o local, de uma forma muito complicada, levando o canal de rádio a ser visualizado como um canal linear de variação no tempo. Mais tarde, quando tratarmos dos sistemas avançados de comunicação, poderemos estudar com mais clareza este assunto, juntamente com os satélites. Por falar neles, vamos conhecer a importância de mais este canal de comunicação.

### **3.4.3 Satélite**

Um canal de Satélite adiciona outra dimensão, de valor incontestável, para as redes de comunicação públicas, cobrindo uma área bastante ampla. Além disso, o acesso a áreas remotas, não cobertas por cabo convencional ou fibra óptica, é também uma característica dos Satélites.

Os Satélites são colocados em órbita geoestacionária e esta deve satisfazer dois requisitos chaves:

*\_ Uma órbita é dita geoestacionária quando requer que o Satélite esteja a uma altitude de 22.300 milhas. Um satélite geosíncrono dá a volta em torno da Terra em exatamente 24 horas (i.e., o Satélite é síncrono com a rotação da Terra);*

*\_ O Satélite é colocado em órbita diretamente acima da linha do Equador, numa direção Leste (i.e., com inclinação zero).*

Visualizado da Terra, um Satélite em órbita geoestacionária parece estar parado no espaço. Conseqüentemente, uma estação terrena não tem por obrigação localizar o Satélite, ao invés disso, tem que simplesmente apontar sua antena a uma direção longitudinalmente fixa que esteja apontando em direção ao Satélite.

A comunicação via satélite em órbita geoestacionária oferece as seguintes vantagens:

- \_ *Cobertura de uma grande área;*
- \_ *Confiabilidade na transmissão; e*
- \_ *Ampla transmissão de largura de banda.*

Em se tratando de serviços, os Satélites podem oferecer conexões fixas ponto-a-ponto, cobrindo grandes distâncias em áreas de difícil acesso; comunicação para plataforma móvel; ou, ainda, capacidade de radiofusão.

Em um sistema de comunicação típico, via Satélite, o sinal de mensagem é transmitido de uma estação terrena, através de um *“uplink”*, para o Satélite, em seguida, é amplificado em um circuito eletrônico localizado na borda do Satélite e só então é transmitido deste, via um *“downlink”*, para uma outra estação terrena. Conclui-se, deste modo, que o Satélite atua como uma potente estação repetidora do espaço. A frequência de banda mais usada para comunicação via Satélite é de 6GHz para o *“uplink”* e de 4 GHz para o *“downlink”*. O uso dessas frequência nos oferece uma série de vantagens, entre elas:

- \_ *Equipamentos de microondas relativamente baratos;*
- \_ *Baixa atenuação durante tempestades. É bom lembrar que estas são a principal causa de perdas de sinal durante a transmissão.*

Por tudo que aqui foi exposto, podemos observar a importância de um canal de comunicação na operação de um Sistema de Comunicação, pois suas propriedades determinam, ao mesmo tempo, a capacidade de envio de informações do sistema e a qualidade do serviço oferecido por este. Podemos classificar os Canais da seguinte maneira:

TIPO DE CANAL	EXEMPLO
<b>LINEAR</b> <b>NÃO-LINEAR</b> <b>SEM VARIAÇÃO DE TEMPO</b> <b>COM VARIAÇÃO DE TEMPO</b>	<i>Canal Telefônico</i> <i>Canal de Satélite (quase sempre)</i> <i>Fibra Óptica</i> <i>Canal de Rádio Móvel</i>
<b>BANDA LARGA LIMITADA (em uma potência útil transmitida)</b> <b>POTÊNCIA LIMITADA</b>	<i>Canal Telefônico</i>  <i>Canal de Satélite</i>



## 4 A ELETRONORTE

### 4.1 UM PASSEIO PELO COMPLEXO

A **ELETRONORTE** – *Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.*, empresa subsidiária das Centrais Elétricas Brasileiras S.A - ELETROBRÁS, concessionária de serviços públicos de energia elétrica, foi criada pela Lei 5.824, de 14 de novembro de 1972, constituída por escritura pública em 20 de junho de 1973 e autorizada a funcionar pelo Decreto 72.548, de 30 de Julho de 1973.

Tendo como missão atender ao mercado de energia elétrica, integrando-se ao desenvolvimento de sua área de atuação, a **Eletronorte** tem coordenado e executado o desenvolvimento dos sistemas de energia elétrica na região Norte, objetivando garantir o suprimento às concessionárias estaduais e o fornecimento aos grandes consumidores da indústria de eletro-intensivos, a distribuição de Manaus e Boa Vista além de fomentar o desenvolvimento.

A área de atuação da **Eletronorte**, caracterizada pela Amazônia Legal, representa 58% do território nacional, compreendendo os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia Roraima e Tocantins.

Nesta área atuam as seguintes concessionárias estaduais de energia elétrica: *Companhia de Eletricidade do Amapá S.A. – CEA; Companhia Energética do Amazonas – CEAM; Centrais Elétricas do Pará S.A – REDE CELPA; Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins – CELTINS; Companhia Energética do Maranhão – CEMAR; Centrais Elétricas Matogrossenses S.A. – CEMAT; Companhia Energética de Roraima S.A. – CER; Centrais Elétricas de Rondônia S.A. – CERON; e Companhia de Eletricidade do Acre – ELETROACRE*; todas supridas pela *Eletronorte*.

### 4.2 SISTEMAS ELÉTRICOS

O atendimento da Eletronorte à sua área de atuação é realizado através de empreendimentos distribuídos por sistemas elétricos interligados ou isolados. Vamos conhecê-los observando o mapa abaixo:

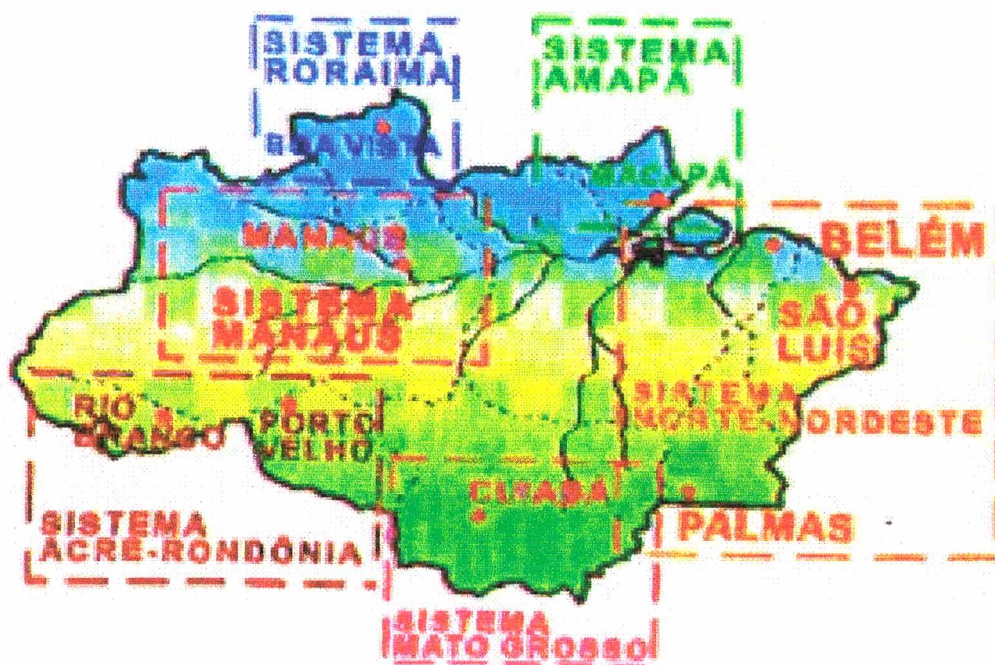


Fig. 29 – Sistemas Elétricos – (Fonte Eletronorte)

#### 4.2.1 O Sistema Norte-Nordeste

Este é um dos sistemas interligados do Sistema Elétrico Brasileiro. A parcela situada na área de atuação da Eletronorte corresponde ao subsistema Norte, enquanto o restante, situado na área de atuação da CHESF, refere-se ao subsistema Nordeste.

Após a entrada em operação da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, sua principal fonte geradora, o subsistema Norte, integrado pelas concessionárias estaduais Rede Celpa, Cemar e Celtins, passou a ser suprido integralmente com energia dessa hidrelétrica e os seus excedentes são transferidos para o subsistema Nordeste. Vejamos o quadro abaixo:

<b>CAPACIDADE INSTALADA – HIDRÁULICA</b>	<i>4.245 MW</i>
<b>CAPACIDADE INSTALADA – TÉRMICA (reserva)</b>	<i>120 MW</i>

<b>CAPACIDADE DE TRANSFORMAÇÃO</b>	<i>13.426 MVA</i>
<b>LINHAS DE TRANSMISSÃO – 500 KV</b>	<i>2.721 Km</i>
<b>LINHAS DE TRANSMISSÃO – 230 KV</b>	<i>798 Km</i>

A Usina Hidrelétrica de Tucuruí, concessão das Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A – Eletronorte, foi concebida para ser construída em duas etapas. A primeira encontra-se em operação comercial desde 1984, com uma potência total de 4.000 MW. A segunda etapa, com previsão de funcionamento para 2.001, prevê a instalação de uma Segunda casa de força adjacente à primeira, com 4.125 MW instalados, complementando a motorização total de 8.125 MW e transformando a UHE de Tucuruí na maior Usina Hidrelétrica genuinamente nacional e uma das maiores do mundo.

A Usina Hidrelétrica de Tucuruí, construída e operada pela Eletronorte, está situada no Rio Tocantins, no Estado do Pará, com coordenadas geográficas de 3° 45' de latitude sul e 49° 41' de longitude oeste. O Centro Regional de maior importância é a cidade de Belém, capital do estado, situada a 300 Km à jusante da Usina e as principais vias rodoviárias de acesso a Tucuruí são as seguintes:

– *Rodovia Federal BR 316.*

– *Rodovia Estadual PA-332, PA-263 e PA-150.*

#### 4.3 O SISTEMA “CARRIER” DA ELETRONORTE

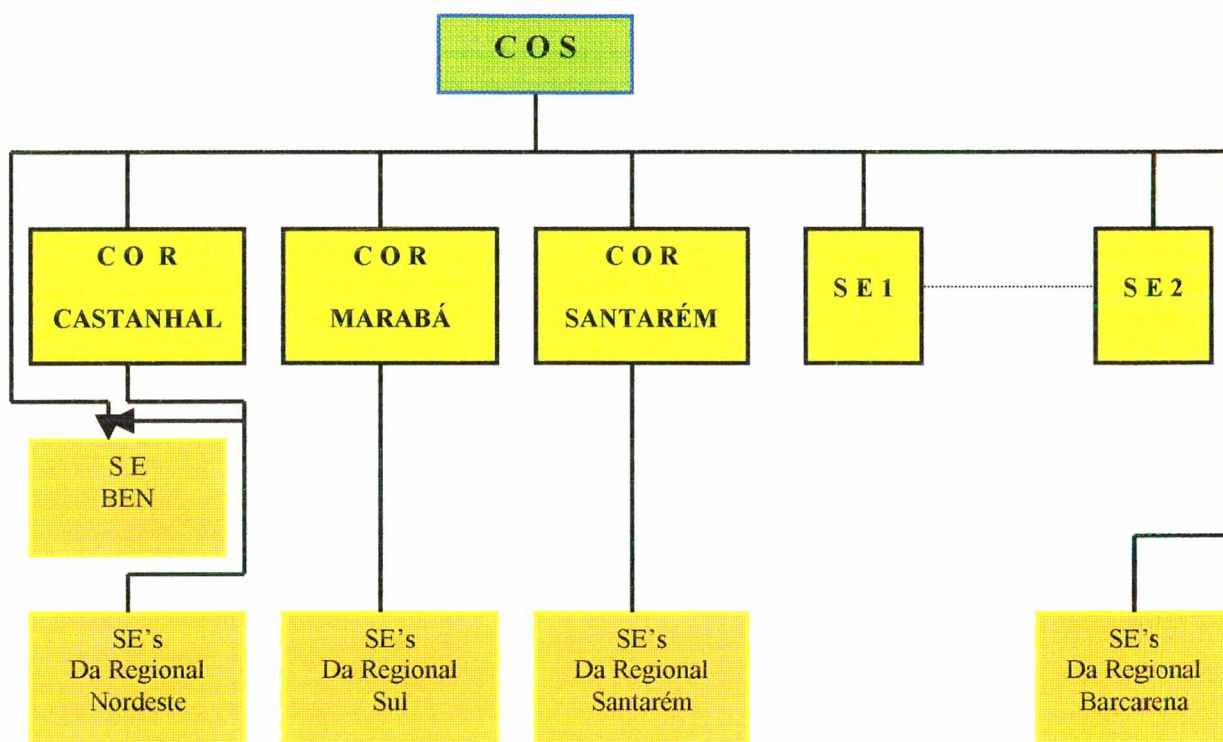
Historicamente, as empresas do sistema elétrico vinham usando equipamentos de Ondas Portadoras em Linhas de alta Tensão – OPLAT, conhecido como CARRIER, para atender as expansões do sistema elétrico. O uso do CARRIER era habitual, tendo em vista a pouca necessidade de comunicações, se limitando a alguns poucos comandos de proteção do sistema elétrico, suprimindo precariamente e parcialmente a demanda a ser atendida.

Com o contínuo crescimento da tecnologia ficava cada vez mais evidente a precariedade do sistema de Telecomunicações da Eletronorte, todo baseado em CARRIER e VHF, aliás é a única empresa do sistema elétrico a usar somente estes meios de comunicação

em seus sistemas. Todas já estavam migrando para outros meios, tais como rádio analógico ou digital, fibras ópticas, entre outros.

## 5 REDE CELPA

A **REDE CELPA** – Rede Centrais Elétricas do Pará possui um órgão chamado **COS** – *Centro de Operações do Sistema*, o qual é responsável por todo o Sistema de Transmissão da Empresa. É ele que mantém o controle sobre todas as sub-estações (SE's), sendo, ainda, responsável pelo despacho de cargas. Em três regiões do Estado do Pará existem os **COR's** – *Centro de Operação Regional* que funcionam como os **COS**, porém são subordinados a ele.



**C O S** – *Centro de Operações do Sistema*

**C O R** – *Centro de Operação Regional*

**S E** – *Subestação Elétrica*

Fig. 30 – A Rede Celpa

As **SE's** da grande Belém são as seguintes:

**GUAMÁ-T** (transmissão)

**REDUTO**

**GUAMÁ-D** (distribuição/supervisionada)

**MIRAMAR** (supervisionada)

<b>MARCO (supervisionada)</b>	<b>COQUEIRO</b>
<b>INDEPENDÊNCIA (supervisionada)</b>	<b>UTINGA-T (transmissão)</b>
<b>JURUNAS (supervisionada)</b>	<b>UTINGA-D (distribuição)</b>
<b>PEDREIRA (supervisionada)</b>	<b>ICOARACI</b>

## 5.1 O SISTEMA DE COMUNICAÇÃO REDE-CELPA

O Sistema de Comunicação utilizado pela Rede-Celpe é o **SIT – Sistema Integrado de Telecomunicações**, que utiliza três meios básicos de transmissão:

\_ *Via Rádio (mais comum);*

\_ *Via Linha de Transmissão de Alta Tensão (mais utilizado no Sul e parte da Região Nordeste do Pará); e*

\_ *Fibra Óptica (em fase de implantação na Região de Santarém-PA).*

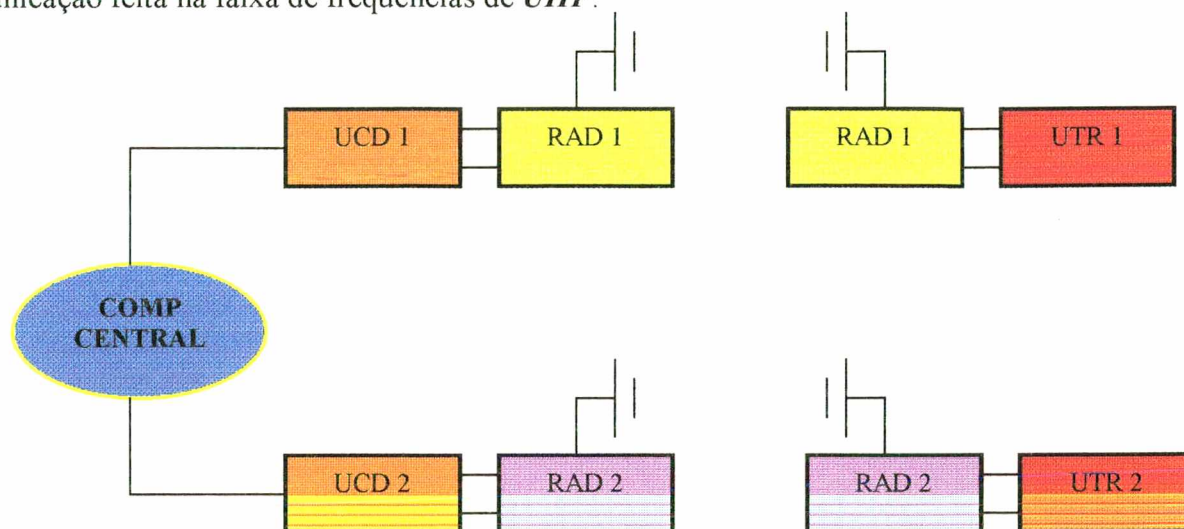
### 5.1.1 Comunicação na Grande Belém (C O S – SE's)

#### 5.1.1.1 SE's Supervisionadas (Marco, Independência, Jurunas, Pedreira, Miramar e Guamá-D)

Hoje, estas *SE's* não mais necessitam de um Operador Local para controlá-las. Todo o seu controle é feito através do *Despacho de Cargas*, localizado no *COS*.

Nestas *SE's* existe um equipamento chamado *UNIDADE TERMINAL REMOTA – UTR*, que supervisiona todos os eventos ocorridos naquela Subestação, transforma tudo em dados a serem transmitidos a uma velocidade de 9.600 bps, que serão, posteriormente, entregues a um rádio monocanal *AUTEL-RTR 80* que se comunica com outra estação de rádio localizada no *COS* que entregará esses dados para uma *UNIDADE CONCENTRADORA DE DADOS – UCD*, que está ligada a um computador central, gerenciado por Despachantes. Estas pessoas terão todas as informações sobre o que está ocorrendo em cada uma das Subestações, podendo comandá-las à distância. Este tipo de comunicação forma uma *Rede em Estrela*.

Convém lembrarmos que cada rádio tem uma frequência de transmissão e de recepção diferentes entre si e diferentes também dos rádios de outras Subestações (5 MHz), sendo toda comunicação feita na faixa de frequências de *UHF*.



**Fig. 31 – O Sistema de Comunicação**

A *Subestação Guamá-D* também é supervisionada, porém não utiliza o rádio, devido ao fato de que o seu prédio fica localizado ao lado do **COS**, utilizando, destarte, apenas uma *LP* (linha).

#### 5.1.1.2 SE's não Supervisionadas (Guamá-T, Reduto, Coqueiro, Icoaraci e Utinga-T e D)

Estas Subestações ainda necessitam de Operadores Locais.

Utilizam o mesmo rádio monocanal, porém com conversor de 4F para 2F (transforma quatro fios para dois fios) que possibilita o acoplamento de um telefone a este rádio. Neste caso, teremos transmissão de áudio ao invés de dados.

No lado do **COS**, os rádios referentes a essas Subestações estão interligados a uma Central Telefônica e esta a uma mesa, localizada no Despacho de Cargas. Desta feita, quando um Operador da Subestação quiser falar com o Despachante, basta retirar o fone do gancho e, na mesa do Operador, acenderá a tecla correspondente à Subestação que está chamando, ao mesmo tempo que soará uma campainha (alarme). Para fechar o loop de comunicação, basta o Despachante pressionar a tecla em questão, podendo falar normalmente, como em um telefone convencional (full duplex).

Convém lembrar que em todas as sub-estações, supervisionadas ou não, existe ainda a comunicação semi-duplex (VHF) e a própria linha telefônica, ambas utilizadas como segunda opção de comunicação com o Despacho.

### 5.1.2 Regional Barcarena

Esta comunicação dá-se através de um rádio acoplado a um MUX (Multiplex) de 24 canais que fica direcionado a “**Subestação Vila do Conde**”, onde há um outro rádio da *NEC 4PM24*, além de outro MUX.

No *COS*, os canais **2, 4 e 5** estão interligados a uma Central Telefônica e, depois, a uma Mesa do Despacho. O *canal 3* passa por um PABX. Os *canais 1 e 6* estão em fase de interligação com os *OPLAT's (Ondas Portadoras em Linhas de Alta Tensão)* de Tailândia-PA e Moju-PA, respectivamente.

Em Vila do Conde-PA, o *canal 2* fica interligado a um telefone (HOT LINE), através de um conversor 4F/ 2F, do próprio MUX do rádio. Por sua vez, o *canal 3* também fica interligado a um telefone, mas funciona como um ramal (256) da Central Telefônica do COS, devido estar no PABX.. Apesar de os dois canais passarem pela Central Telefônica, os mesmos diferem entre si, devido ao tipo de placa a que eles estão interligados na Central, por isso um funciona como HOT LINE e o outro, como ramal.

Os *canais 4 e 5* se interligam a 4F (2F para transmissão, 2F para recepção e fios E e M para sinalização) a outro rádio da *NEC (4PM6)* que segue o mesmo princípio de funcionamento do de 24 (vinte e quatro) canais, porém só opera com 6 (seis) canais. O *canal 4* (vinte e quatro canais) liga-se com o *canal 3* (seis canais) e o *canal 5*, com o *canal 6*, atentando que, nesta ligação, os 2F de transmissão do de 24 (vinte e quatro) canais se liga com o 2F de recepção do de 6 (seis) canais, e vice-versa, ocorrendo o mesmo com a sinalização.

O *fio E* (sinal de recepção) do de 24 (vinte e quatro) canais se liga com o *fio M* (sinal de transmissão) do de 6 (seis) canais e vice-versa. A antena rádio está direcionada para o Município de Abaetetuba-PA, onde há um outro rádio de seis canais, chegando os canais 3 e 6 como um *HOT LINE* com o COS e os canais 1 e 4, como um *HOT LINE* com Vila do Conde-PA.



***HOT LINE*** quer dizer “***Linha Quente***”, ou seja, basta tirar o monofone do gancho (nas SE’s) ou apertar a tecla (Despacho), para acionar o outro ponto.

## 6 PROPOSTA DE COMUNICAÇÃO PARA USO DA PMPA

Redes de Computadores é um assunto que, cada vez mais, atrai Pesquisadores que, por sua vez, trazem novidades que juntas tomam a forma de “conhecimento”, tornando possível o projeto sistemático. [Soares95]

A evolução contínua da microeletrônica e da tecnologia de comunicação vem abrindo novas fronteiras, onde o emprego de sistemas de comunicação capazes de transportar dados e voz a altas velocidades e grandes distâncias permitiram que se chegasse ao conceito de uma “Rede Única”, que transporta de forma integrada as diferentes mídias.

Após o estudo do funcionamento de duas grandes potências em Comunicação de Dados e Voz no Estado do Pará, chegamos à conclusão de que, apesar do Sistema Integrado de Telecomunicações da Rede Celpa - SIT ser versátil e suprir as necessidades daquela empresa, seria onerosa a implantação de três meios de transmissão em uma Instituição como a Polícia Militar do Pará, que depende única e exclusivamente de recursos do Governo Estadual para desenvolvimento e implantação de projetos dessa natureza.

Quanto à Eletronorte, é evidente a precariedade que o sistema utilizado por essa empresa, todo baseado em CARRIER e VHF, vinha atravessando, sendo, aliás, a única empresa do sistema elétrico a usar somente estes meios de comunicação em seus sistemas. Todas têm outros meios, tais como rádio analógico ou digital, fibras ópticas, entre outros. Hoje, a Eletronorte esta migrando para o “Carrier Digital”.

### 6.1 PROPOSTA DE UM MODELO DE SOLUÇÃO

Após a coleta de dados, ficou claro que o mais importante para a Polícia Militar do Pará obedece ao esquema de prioridades abaixo relacionado:

\_ **Confiabilidade:** a Polícia Militar lida com dados e informações de caráter sigiloso, que jamais poderiam sofrer degradação antes de chegar ao seu destino final.

\_ **Segurança:** apesar nenhum meio garantir segurança total, procuraremos utilizar aquele co menor índice de interferência e interceptação durante o processo de transmissão.

\_ **Velocidade:** a demora no recebimento de uma determinada mensagem pode custar a vida de Policiais Militares em ação e de terceiros.

\_ **Custo & Benéficio:** é importante que seja ressaltado que não adianta termos baixo custo se o serviço que oferecemos é de baixa qualidade, por isso optou-se por um custo um pouco mais elevado, para que, no balanço geral, o resultado fosse lucrativo para o Estado, a Corporação e seus membros e, principalmente, para a sociedade.

Tomando por base as condições acima estabelecidas, a primeira proposta viável para implantação na Polícia Militar do Pará seria uma **“Rede Sem Fio baseada em Radiodifusão”**, levando-se em consideração que estaríamos operando em uma Região inóspita, onde o acesso a algumas áreas é bastante prejudicado pelo relevo e condições climáticas, porém, em se tratando de segurança, este meio de transmissão deixou bastante a desejar, pois, teoricamente, não existem fronteiras para um sinal de rádio, logo é possível que este seja captado por receptores não autorizados. É claro que este problema pode ser amenizado utilizando-se algum mecanismo de criptografia quando da transmissão de sinais, mas isto elevaria consideravelmente o custo de transmissão. Como se não bastasse, este meio é passível de sofrer interferências provocadas por fontes que geram sinais na mesma banda de frequência, tais como motores elétricos, radares, dispositivos eletrônicos, etc.

Por outro lado, se implantarmos uma **“Rede de Fibra Óptica”**, estaremos atendendo aos requisitos exigidos pela PMPA, pois devido este meio ser composto por material dielétrico, não sofrerá efeitos de descargas elétricas atmosféricas e de outras fontes de ruído.

A Confiabilidade deste meio é considerada **“Alta”**, com uma variação mínima dos seus parâmetros, pouco afetados pelo meio externo, isto sem falar das altas taxas de transmissão (140Mbits, 565Mbists, 622Mbits, etc;).

Quanto à Segurança, também possui um **“alto grau”** quanto à informação transportada. Não conduz energia elétrica, não centelha, não provoca curto circuito e não é inflamável. A infra-estrutura a ser utilizada também é muito segura.

Burocracias à parte, o uso da fibra não depende da liberação do espectro de frequências e autorização do Ministério.

É uma solução de curto, médio e longo prazo. Pela sua capacidade, o sistema óptico poderá atender atual e futuramente, bastando trocar os equipamentos terminais, nos casos de ampliação da capacidade, com rapidez e facilidade.

Com o uso da fibra, elimina-se as repetidoras de alto custo de implantação e posterior operação, para o caso do rádio, com todos os acessórios de infra-estrutura, torres, vias de acesso, terrenos, edificações, sistema irradiante, pressurização, climatização, segurança, energia, cabos etc.

Outro fator importante é a “Maior Vida Útil dos Cabos”, em torno de 40 anos.

## 6.2 A HISTÓRIA DA FIBRA ÓPTICA

### 6.2.1 Introdução

Os membros da Royal Society, a Academia de Ciência Britânica, até 1970, acreditavam que a luz caminhava sempre em linha reta, até que viram acontecer algo que lhes parecia impossível. Naquele mesmo ano, em Londres, o físico John Tyndall (1820-1893) mostrou a seus incrédulos colegas que a luz podia fazer uma curva. Ele colocou uma lanterna dentro de um recipiente opaco cheio de água, com um orifício em um dos lados, pelo qual a água escorria. A luz acompanhava a trajetória curva da água, como se tivesse sido dobrada. Na verdade, a luz se propagava em zigue-zague, saltando de um lado para o outro, dentro do fio de água, numa série de reflexões internas.

A descoberta de Tyndall, entretanto, só começou a ter utilidade prática oito décadas mais tarde, em 1952, graças às pesquisas do físico indiano Narinder Singh Kapany, naquela época com 25 anos de idade. Os experimentos deste físico o levariam à invenção da **Fibra Óptica**, o revolucionário instrumento de Telecomunicações que talvez venha ainda a substituir os próprios circuitos eletrônicos nos computadores. Kapany aprofundava seus estudos sobre o fenômeno da “**Reflexão Total Interna**”, para obter o PhD em Óptica na Universidade de Londres, onde já atuava como Professor Assistente. Seu interesse pelo assunto começara

ainda no colégio, quando aprendeu a verdade convencional de que a luz só se propaga em linha reta, baseado no fato de que seria impossível enxergar alguém que dobrou a esquina. Entretanto o físico nunca se conformou com isso.

Reflexão Total, o tema de Kapany, é o fenômeno óptico que ocorre na fronteira de dois meios transparentes, como ar e água, quando um raio de luz vindo de um meio com alto índice de refração (que indica o quanto a luz é desviada de sua trajetória original), por exemplo, a água, incide num meio com baixo índice de refração, como o ar. Se o ângulo de incidência da luz for maior que um certo ângulo tido como limite, que é constante para cada material, o raio se refletirá com o mesmo ângulo, caso contrário, passará para o outro meio. Kapany que também trabalhava como projetista de lentes, começou a estudar o fenômeno em prismas, depois em cilindros de vidro transparente... O que ele buscava, na realidade, era uma forma de aprisionar a luz.

Para isso, nas suas experiências, passou a empregar dois cilindros, um dentro do outro. Depois trocou o cilindro externo por uma película de vidro e percebeu que, se essa película tivesse um índice de refração muito inferior ao do cilindro, funcionaria como um espelho, concentrando toda a luz. O truque dá certo, porque quanto maior a diferença entre os índices de refração, menor o ângulo limite. Com um ângulo limite baixíssimo, toda a luz que entrar no cilindro será refletida para praticamente todos os ângulos de incidência.

Dessa forma, Kapany engendrou sua armadilha para a luz. Uma vez dentro do cilindro, ela só saía pela outra extremidade. Mesmo com tubos curvos, a luz fluía como água, realizando milhares de reflexões sucessivas, sempre no mesmo ângulo. Para multiplicar os usos dos tubos, bastava estreitar os canos da luz, de cerca de um palmo de diâmetro, às dimensões de fio de cabelo. Achar um material com as características do vidro e a maleabilidade dos fios de cobre não foi muito difícil, afinal as fibras de vidro já eram conhecidas desde o século XVIII e até então vinham sendo usadas como isolante térmico. Por isso foram suficientes algumas adaptações no processo de fabricação para conseguir os índices de refração desejados. Assim, após três anos de pesquisas, em 1955, Kapany cunhou a expressão "*Fibra Óptica*" e patenteou a invenção.

Agrupadas em feixes, as fibras tornam-se um preciso transmissor de imagens, isto é, absorvem a luz melhor que qualquer sistema óptico, como lentes ou prismas. No início

Kapany imaginou que seu uso ficaria restrito à Medicina, no aperfeiçoamento do Endoscópio (instrumento utilizado para observar o interior do corpo humano). Porém, em 1966, o físico chinês Charles Cao, pesquisador dos Laboratórios Standard, de Harlow, Inglaterra, teve a idéia de usar Fibras Ópticas para a transmissão de chamadas telefônicas. Ele mostrou que cabos de Fibras Ópticas, embora muitíssimo menores que os cabos convencionais, têm uma capacidade muito maior de transmissão de dados – também de Telex, Televisão, Computador, etc. – a um custo muito menor. Além disso, como não conduzem eletricidade, ficariam imunes a interferências elétricas exteriores. A luz que os cabos ópticos transmitem é gerada normalmente por um Diodo Emissor de Luz (LED) ou por um tubo de raios laser.

Controlando-se a emissão de luz, é possível criar códigos digitais para transmitir informações. Assim, a linguagem binária, como a dos computadores, composta dos algarismos “zero” e “um”, é substituída pelo código “luz” e “ausência de luz”. Informatizada dessa forma, uma Fibra Óptica é capaz de transmitir até vinte mil conversas telefônicas simultâneas, quarenta vezes mais que um fio de cobre. A produção da Fibra Óptica principia com a transformação da sílica, retirada das rochas de quartzo, em varetas ocas de sílica pura. Um tubo de sílica de 12 mm. de diâmetro e 1 m. de comprimento produz até 2.000 metros de fio com 125 micra (1/8 de milímetro) de diâmetro, um pouquinho mais gordo, por assim dizer, que um fio de cabelo. Tão transparente é o vidro usado no miolo das fibras que seria impossível construir com ele uma janela de mais de 8 quilômetros de espessura – e ainda assim transparente.

Além de melhorar extraordinariamente as Telecomunicações, as Fibras Ópticas são usadas também numa variedade de equipamentos, como automóveis, mísseis, blindados, satélites, fiação de computadores, eletrodomésticos, microeletrônica, Engenharia Genética, Fotografia, etc... Um fecho adequado para quem começou duvidando da sabedoria convencional e “*entortou a luz*”.

### **6.2.2 A Fibra Óptica No Brasil**

O Brasil já possui a espinha dorsal da Rede Nacional de Comunicações por meio de Fibras Ópticas, que liga Florianópolis (SC) à Fortaleza (CE), com ramais para as grandes cidades do interior do País, incluindo, ainda, Belo horizonte e Brasília. Há planos para expandir essa Rede para São Luís (MA) e Belém (PA) e, para o Sul, até Santa Maria e

Uruguaiana (RS). Em muitos trechos são utilizados os cabos pára-raios das linhas de transmissão do setor elétrico (OPGW).

Com a privatização do Sistema Telebrás, realizada em Julho de 1998, e com os investimentos a serem realizados pelas novas empresas concessionárias na expansão da Rede, ampliam-se as oportunidades para se investir no segmento de Fibra Óptica, dentre as quais podemos citar:

*\_ Cabeamento;*

*\_ Conversores Ópticos Elétricos;*

*\_ Serviços de Engenharia;*

*\_ Equipamentos de Telecomunicações, TV a Cabo, etc.;*

*\_ Parceria com empresas do setor elétrico ou de outros setores de infra-estrutura, para utilização dos cabos pára-raio (OPGW) das linhas de transmissão.*

É bom lembrar que várias dessas parcerias já estão em operação.

### 6.2.3 Regulamentação

ANATEL, ANEEL e ANP são as três Agências Reguladoras que atuam em conjunto, normatizando o uso compartilhado dos meios de transmissão (Telecomunicações, Energia Elétrica e Petróleo), pelas empresas que atuam nos três setores.

Entre outros, o objetivo é resolver, com urgência, as pendências técnicas nos casos relativos ao uso dos cabos de Fibra Óptica das instalações de um setor pelo outro, bem como evitar discriminação quanto ao aproveitamento de Redes ou dutos, podendo refletir em redução de tarifas.

Devido à política de exclusividade de compras do Sistema Telebrás, vigente entre os anos de 1984 e 1989, apenas a *ABC XTAL* produzia Fibra Óptica no Brasil, enquanto os

demais fabricantes atuavam na produção do Cabo Óptico. A partir do término da reserva de mercado, alguns fabricantes licenciaram a tecnologia do **CPqD** – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Telebrás) e começaram a produzir a Fibra Óptica, como foi o caso da Pirelli Cabos e Bracel, que ainda continuam pagando royalties ao CPqD.

#### 6.2.4 O Mercado de Fibra Óptica

O mercado mundial de Fibras Ópticas é da ordem de 20 milhões de quilômetros por ano, tendo alcançado cerca de US\$ 6 bilhões em 1994.

No Brasil, o mercado de cabos ópticos (fibra óptica revestida por tubos de plástico) totalizou US\$ 120 milhões em 1995 e cerca de US\$ 150 milhões em 1996. Estimativas indicam que até 2002 serão investidos, pelo menos, US\$ 1,5 bilhão, visando a estender, por todo o país, redes de comunicação de alcance Nacional.

Apesar do cabo de Fibra Óptica custar dez vezes mais que o cabo de cobre, ele transporta trinta e nove mil vezes mais informações, ou seja, apresenta relação custo/benefício 3.900 vezes superior.

SISTEMA	VELOCIDADE	VOLUME
Modem 28.800	0,028 Mbps (megabits/segundo)	Transmite 10 Ave-Marias e 5 Pai Nossos em um segundo.
Drive de Quádrupla Velocidade	4,8 Mbps	Transmite 2.200 Ave-Marias e 500 Pai Nossos em um segundo.
Winchester IDE	9,6 Mbps	Transmite um disket de 3,5 polegadas em um segundo.
Rede Nacional de Fibra Óptica	622 Mbps	Transmite 54 diskets de 3,5 polegadas por segundo.

### 6.3 PLANEJAMENTO EM COMUNICAÇÃO DE DADOS E VOZ

O objetivo agora é realizar um planejamento para o funcionamento correto e eficaz e uma Rede de Comunicação. É bom lembrar que o conhecimento dos parâmetros fundamentais



para o desenvolvimento do planejamento determinará o bom resultado da Rede do usuário, ao longo de seu período de vida útil, bem como trará resultados econômicos expressivos.

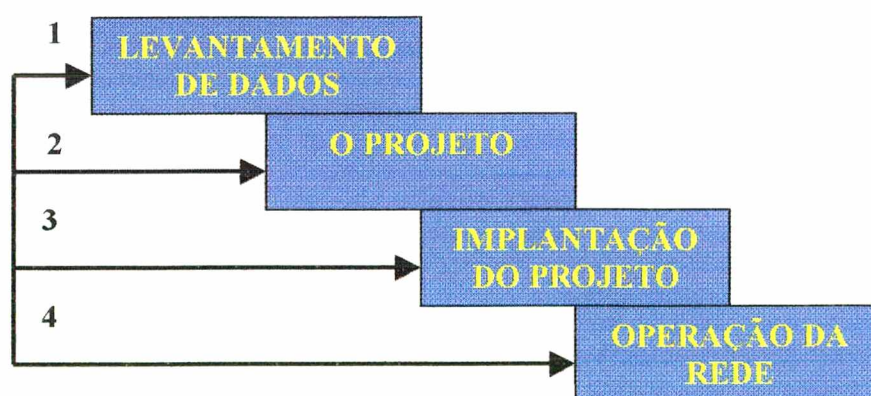
Em qualquer Sistema de Comunicação, podemos encontrar dois tipos de planejamento: *“Planejamento Técnico e Gerencial”*.

O Planejamento Técnico cobre os parâmetros que envolvem:

- \_ *Levantamento de Dados;*
- \_ *O Projeto;*
- \_ *A Implantação do Projeto; e*
- \_ *A Operação da Rede.*

Neste contexto são adquiridos os equipamentos de hardware da Rede, além de boa parte do software, como aqueles relacionados ao Método de Acesso, controle da Rede, Serviços de Comunicação, Canais de Satélite, Comutação de Pacotes, entre outros.

Todas estas avaliações devem ser realizadas em conjunto, para que se possa manter a performance da Rede no atendimento dos serviços que serão prestados aos seus clientes, sejam eles provenientes do acesso público ou privado.



**Fig. 32 – Esquema do Planejamento Técnico**

Já o Planejamento Gerencial, envolve toda a Organização, onde a empresa que adota uma Rede de Comunicação em seu ambiente de trabalho deve buscar a melhoria dos serviços prestados, tanto para o seu corpo gerencial, como para os seus clientes.

O primeiro passo para que isso ocorra, é a identificação das funções, seguida do perfil dos empregados envolvidos, pois segundo estudos recentes, a produção de uma determinada empresa está intimamente relacionada com o grau de contentamento de seus componentes. É preciso que se trace o perfil do empregado para que se coloque o *“profissional certo no lugar certo”*, evitando com isso o descontentamento e a insatisfação, que geram a improdutividade.



*“O Profissional certo, no lugar certo”*

### **Fig. 33 – Planejamento Gerencial**

Esses dois planejamentos devem ser criados e desenvolvidos de forma a permitir uma perfeita harmonia entre a necessidade técnica implantada e as necessidades de trabalho na Organização, evidentemente levando-se em consideração os custos que envolvem tal processo.

## **6.4 PLANEJAMENTO TÉCNICO**

### **6.4.1 Levantamento de Dados**

Para efeito de coleta de dados e Projeto, as Unidades da Polícia Militar do Pará, da Capital e do interior do Estado, foram divididas em duas grandes etapas e o “Projeto Piloto” terá seu início na capital do Estado, especificamente no Quartel do Comando Geral, através da implantação de uma Rede Local Ethernet. É importante esclarecer que, para que esta Rede

venha a funcionar, é necessário um Sistema Operacional de Rede que irá gerenciar a comunicação entre as estações envolvidas. A Segunda parte do Projeto será voltada para a implantação de uma Rede de Fibra Óptica, a qual interligará todas as Rede Locais que já estejam instaladas.

O Quartel do Comando Geral da Polícia Militar do Pará será a primeiro a ser atendido, tendo em vista a necessidade urgente que se tem de atualizar dados de cadastro de pessoal, para que se possa fornecer informações precisas e imediatas a respeito dos Policiais Militares; ter maior controle das Planilhas Financeiras, as quais exigem elevado grau de segurança e confiabilidade; além de outras atividades que no momento não estão informatizadas.

Com esta “largada” inicial, a Polícia Militar do Pará poderá, a médio prazo, diminuir o número de Pessoal empregado nas “atividades meio”, remanejando-os para a “atividade fim” que é o Policiamento Ostensivo, visando a preservar a ordem pública.

Os objetivos principais a serem atingidos , nesta primeira etapa, são os seguintes:

- a) Implantar uma Rede Local padrão “LINUX” visando a interligar as 06 (seis) Diretorias da PMPA, reduzindo, dessa forma, os custos e proporcionando um significativo aumento de produtividade, tempo de resposta, confiabilidade e segurança, além do baixo custo, tendo em vista o mesmo não ser uma arquitetura proprietária;*
- b) Em primeiro plano, a rede será Local, com possibilidades futuras de comutação com a Rede de Longa Distância que interligará toda a Corporação;*
- c) Durante esta primeira etapa, procurar-se-á utilizar Sistemas Operacionais e Programas Aplicativos de fácil interação homem-máquina, tendo em vista facilitar o aprendizado, para que o conhecimento seja estabelecido e possa ser multiplicado na qualidade do serviço oferecido.*

### 6.4.2 A Primeira Etapa do Projeto (Proj- 01)

A primeira fase do Projeto é a Elaboração da Especificação. A complexidade desta fase é extrair do cliente as informações e decisões necessárias. A geração dessa especificação, que deve ser exata e detalhada, é trabalhosa e deve ser cercada de muita atenção, pois erros nesta fase geram erros de proporções muito maiores no Projeto Final..

Em seguida, vai-se detalhando essa Especificação, fazendo revisão com níveis de abstração cada vez menores, até chegar a uma nova especificação, contendo apenas componentes reais. Esse detalhamento é feito realizando-se repetidas escolhas, baseadas em critérios técnicos, de custo e de disponibilidade.

Os requisitos devem ser levantados não apenas para a entrega do Projeto, mas também prevendo o futuro.

A especificação aqui abordada foi projetada prevendo um horizonte de tempo de 02 (dois) anos , tendo em vista a crescente evolução tecnológica na área de Redes de Computadores.

É importante observar que, além dos dados colhidos ao longo da pesquisa. Observou-se também a Planta Baixa do QCG (Quartel do Comando Geral), baseada em critérios técnicos de custo e disponibilidade no mercado.

#### 6.4.2.1 Topologia

A Topologia a ser usada será a em “Estrela”, onde cada nó estará interligado a um nó central (MESTRE), através do qual todas as mensagens devem passar. Tal nó agirá como um Centro de Controle da Rede, interligando os demais nós.

#### 6.4.2.2 Número de Máquinas

*a) (01) um Servidor de Arquivos Dedicado que ficará no Centro de Informática e Telecomunicações – CITEL. Somente o Administrador da rede, ou pessoa por ele*

*credenciada, poderá ter acesso a essa máquina. Tal procedimento visa a manter a integridade e segurança da Rede, bem como o seu perfeito funcionamento.*

- b) 06 (seis) Estações de Trabalho e 01(um) repetidor, sendo que cada uma das Estações estará localizada em uma das Diretorias, enquanto que o Repetidor está a 100 metros do Servidor.*
- c) Impressoras que terão seus recursos compartilhados por todas as Diretorias e ficarão em locais estratégicos.*
- d) Estabilizadores de Tensão, que terão por objetivo proteger a Rede quando da queda de Tensão, pois esta poderá acarretar sérios danos às máquinas desprotegidas. O melhor e mais correto é prevenir, para que não se tenha surpresa desagradáveis no futuro.*

**Obs:** Caberá a uma Comissão de Licitação, a partir dos dados e especificações fornecidos no Projeto, viabilizar o processo para a compra dos Equipamentos necessários, analisando os quesitos qualidade e custo.

#### 6.4.2.3 Mídia de Comunicação

MÁQUINA	MÍDIA
SERVIDOR	LINUX
ESTAÇÕES DE TRABALHO	LINUX

#### 6.4.2.4 Cabeamento

O cabeamento utilizado será baseado no “Cabo Par Trançado Sem Blindagem – UTP”.

CATEGORIA	FREQ. MÁX.	TAXA MÁX.	USO
3	16 MHz	10 Mbits/s	ETHERNET 10 Base T

PINO	DESCRIÇÃO	FUNÇÃO	COR
1	T2	TX+	Branco/Laranja
2	R2	TX_	Laranja/Branco
3	T3	RX+	Branco/Verde
4	R1		Azul/Branco
5	T1		Branco/Azul
6	R3	RX_	Verde/ Branco
7	T4		Branco/Marrom
8	R4		Marrom/Branco

#### 6.4.2.5 Conectores

Os conectores utilizados serão os “**RJ 45**”.

#### 6.4.2.6 HUB (16 portas)

Devido ao fato de usarmos Cliente /Servidor, com cabos de Par trançado, será necessário o uso do HUB e a distância deste para cada Estação de Trabalho não deverá exceder a 100 metros.

#### 6.4.2.7 Protocolo de Comunicação

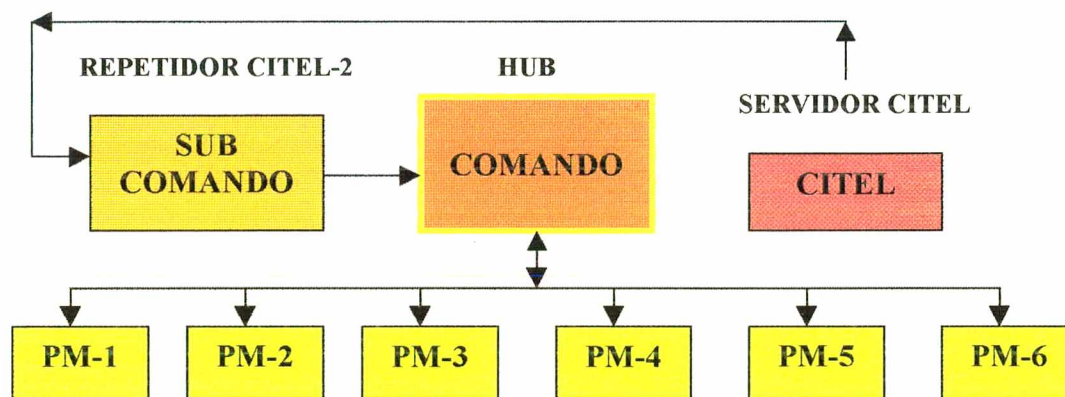
Usaremos o TCP/IP, devido ao fato de ser o mais completo e eficiente Protocolo para o uso de Redes que planejam a conexão com a Internet.

#### 6.4.2.8 Instalação Elétrica

Uma instalação elétrica adequada é, provavelmente, um dos fatores mais importantes para o correto funcionamento de uma Rede. Se a instalação for inadequada, poderá causar, desde simples problemas de comunicação entre os computadores da Rede, até a destruição de uma interface de rede.

Portanto é necessário que um Eletricista profissional acompanhe todo o Projeto Elétrico, observando as modificações necessárias em tomadas, caixas de força, aterramento, etc., antes que se comece a instalar as interfaces da Rede e conectar o cabo de comunicação entre os computadores.

#### 6.4.3 Diagrama Básico da Rede



**Fig. 34 – Diagrama Básico da Rede**

#### 6.5 PLANEJAMENTO GERENCIAL

O Planejamento Gerencial concorre para ser o “Pilar de Sustentação” do Projeto, por isso, deverá estar em perfeita harmonia com o Planejamento Técnico.

Talvez aqui ocorram nossos maiores problemas, pois estaremos lidando com seres humanos, sujeitos a erros e, muitas vezes, sem conhecimento algum da área onde irão atuar como profissionais.

O objetivo principal deste Planejamento é satisfazer não só os “Clientes”, mas também seus próprios membros. Por isso é necessário que identifiquemos as funções existentes e adequemos a elas os profissionais que se encaixem no perfil solicitado. Tarefa difícil? Mas não impossível!

O Serviço Social da Polícia Militar do Pará se encarregará das entrevistas, as quais serão acompanhadas por um Profissional da Área de Informática, devidamente credenciado pela Equipe de Trabalho de Implantação da Rede. Após este processo, começará a seleção,

baseada em critérios, técnicos e psico-sociais, procurando sempre adequar o Policial ao Profissional em Informática.

Feito isso, é chegada a hora de começarmos o Treinamento, que deverá ser iniciado de forma básica e progressiva, clara e objetiva, procurando sempre evidenciar que o conhecimento jamais poderá ser perdido, como aconteceu outrora, e sim disseminado.



## 7 CONCLUSÃO

O presente Trabalho foi desenvolvido com o intuito de derrubar as enormes barreiras de comunicação que, ainda hoje, se fazem presentes na Polícia Militar do Pará e contribuem, de forma decisiva, para o não crescimento e desenvolvimento dessa Instituição de Segurança Pública.

É claro que não estamos em busca de um “milagre” que nos transporte no tempo e nos faça recuperar o que foi perdido, queremos, sim, soluções eficazes e possíveis de serem adequadas à realidade que estamos vivenciando, com segurança, qualidade, rapidez e a um custo razoável. Por este motivo é que se chegou à conclusão de que a melhor saída seria a Proposta anteriormente apresentada, tendo em vista a mesma se mostrar dinamicamente viável para implantação imediata e resultados eficazes a médio prazo.

Sabemos também que a implantação de um Projeto de rede baseado em Fibra Óptica é de enorme interesse não só da Polícia Militar do Pará, como do próprio Estado, o que torna nossa proposta ainda mais propensa ao êxito, à medida que for amadurecendo e comprovando os objetivos buscados.

Devido ao pouco tempo, os resultados da Implantação (Operação da Rede, Treinamento de Pessoal, Testes e Relatórios) não poderão ser demonstrados no decorrer deste Trabalho, mas com toda a certeza aqui se inicia uma nova e moderna era para a Polícia Militar do Pará, onde a Comunicação será, sem sombra de dúvida, o elo de ligação com o futuro!

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Haykin31]** S. Haykin. Communication Systems, 2º Edição, Ed. Wiley (John Wiley & Sons, INC.), 1931.
- [Sasser96]** S. Sasser B., R. Mclaughlin, Instalando a sua Própria Rede, Ed. Makron Books – SP, 1996.
- [Neto93]** V. S. Neto, Comunicação de Dados – Conceitos Fundamentais, Ed. Érica – SP, 1993.
- [Soares95]** L. F. Soares, G. Lemos, S. Colcher, Redes de Computadores – Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM, 2º Edição, Ed. Campus, 1995.
- [Tanenbaum97]** A. S. Tanenbaum, Redes de Computadores, Ed. Campus – RJ, 1997.
- [Laport52]** E. A. Laport, Rádio Antena Engineering, McGraw-Hill Book Company, NY, 1952.
- [Network98]** W. Network - The Journal of Mobile Communication Computation and Information, Vol 4, Nº 2, ACM Press, Feb 1998.
- [News98]** F. P. News – The Global source for Fiberoptic Technology and Applications, August 1998.
- [Broadband99]** O. Broadband – Reliable Broadband Communicatio for Utilities, ABB Network Partner, 1999.
- [Fox-U99]** Fox-U – Universal Multiplexer, ABB Network Partner, 1999.
- [Sistemas99]** S. de Comunicação ETL 500 series, ABB Transmissão e Distribuição, 1999.

- [ETL50099]** Equipamentos de Ondas Portadoras em Linhas de Alta Tensão, ABB Power System Communications, 1999.
- [Super96]** Super Interessante – A Febre do Fio Maravilha, Ed. Abril, Novembro, 1996.